

VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**PARAMETARSKO 3D OBLIKOVANJE I PRORAČUNI
CIJEVNIH PROČISTAČA TIPA PY**

Završni rad br. 02/MEH/2018

Ana Čukman

Bjelovar, rujan 2018.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Čukman Ana**

Datum: 07.03.2018.

Matični broj: 001259

JMBAG: 0035192873

Kolegij: **KONSTRUIRANJE 3D MODELIRANJEM**

Naslov rada (tema): **Parametarsko 3D oblikovanje i proračuni cijevnih pročištača tipa PY**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Opće strojarstvo (konstrukcije)**

Mentor: **Božidar Hršak, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., predsjednik
2. Božidar Hršak, mag.ing.mech., mentor
3. mr.sc. Stjepan Golubić, komentor

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 02/MEH/2018

U radu je potrebno:

- opisati cijevne pročištače tipa PY
- izraditi proračune debljine stijenki cilindričnog dijela kućišta tipa PY-80.10, PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bara) i 1,6 MPa (16 bara), ispitni tlak 2,4 MPa (24 bara), i materijal kućišta Č1214 na temelju postojeće 2D dokumentacije u zavarenoj izvedbi.
- izraditi 3D modele svih pozicija i sklopa cijevnog pročištača tipa PY-100.10, te 3D prikaz i animaciju sklopa u rastavljenom stanju
- generirati konfiguracije - familije proizvoda za PY-80.10, PY-65.10
- izraditi analize naprezanja (FEA) kućišta tipa PY-80.10, PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bara) i 1,6 MPa (16 bara), ispitni tlak 2,4 MPa (24 bara) i materijal kućišta Č1214
- izraditi analizu tijeka strujanja fluida u 3D modelu sklopa cijevnog pročištača PY-100.10
- izraditi (generiranjem iz 3D modela) kompletnu 2D radioničku dokumentaciju svih pozicija i sklopa za tip PY-100.10.

Zadatak uručen: 07.03.2018.

Mentor: **Božidar Hršak, mag.ing.mech.**



Zahvala

Veliku zahvalnost dugujem svome mentoru Božidaru Hršaku, mag.ing.mech. koji mi je predložio ovu temu te mi je pomogao i olakšao izradu ovog završnog rada. Također se zahvaljujem svim profesorima i asistentima Veleučilišta u Bjelovaru na suradnji i stečenim znanjima. Veliku zahvalu dugujem svojim roditeljima i obitelji što su mi omogućili studiranje i stjecanje dodatnih znanja te se ujedno zahvaljujem svojem dečku na strpljenju i razumijevanju tokom pisanja ovog rada.

Sadržaj

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PROČISTAČI..... | 2 |
| 2.1 Princip rada..... | 3 |
| 2.2 Radne karakteristike PY pročišćavača..... | 4 |
| 3. KONTROLNI PRORAČUN DEBLJINE STIJENKE KUĆIŠTAPROČISTAČA.6_Toc525411521 | |
| 3.1 Kontrolni proračun debljine stijenke kućišta cijevnog pročišćavača tipa PY-80.10..... | 8 |
| 3.1.1 Radni tlak 1,0 MPa (10 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214) | 9 |
| 3.1.2 Radni tlak 1,6 MPa (16 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214) | 10 |
| 3.1.3 Ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)..... | 11 |
| 3.2 Kontrolni proračun debljine stijenke kućišta cijevnog pročišćavača tipa PY-100.10..... | 13 |
| 3.2.1 Radni tlak 1,0 MPa (10 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214) | 14 |
| 3.2.2 Radni tlak 1,6 MPa (16 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214) | 15 |
| 3.2.3 Ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)..... | 16 |
| 4. IZRADA 3D MODELA PROČISTAČA PY-100.10 IGENERIRANJE FAMILIJE PROIZVODA PY-80.10 I PY-65.10 | 18 |
| 4.1 Izrada 3D modela poklopca pročišćavača PY 100.10 | 19 |
| 4.2 Generiranje familije proizvoda poklopca PY-80.10 i PY-65.10 | 23 |
| 4.3 Izrada 3D modela cijevi pročišćavača tipa PY-100.10..... | 26 |
| 4.4 Generiranje familije proizvoda cijevi PY-80.10 i PY-65.10 | 30 |
| 4.5 Izrada 3D modela cijevnog luka pročišćavača PY-100.10 | 33 |
| 4.6 Generiranje familije proizvoda cijevnog luka pročišćavača PY-80.10 i PY-65.10..... | 37 |
| 4.7 Izrada 3D modela prirubnice pročišćavača PY-100.10..... | 39 |
| 4.8 Generiranje familije proizvoda prirubnice pročišćavača PY-80.10 i PY-65.10 | 44 |
| 4.9 Ostali dijelovi 3D sklopa pročišćavača PY 100.10 i njegove konfiguracije | 46 |
| 4.10 Renderirani prikaz dijelova pročišćavača PY-100.10..... | 48 |
| 5. IZRADA 3D SKLOPA PROČISTAČA PY- 100.10 I GENERIRANJE NJEGOVIH KONFIGURACIJA PY- 80.10 I PY- 65.10..... | 53 |
| 5.1 Izrada 3D sklopa pročišćavača PY-100.10..... | 54 |
| 5.2 Animacija sklopa | 58 |
| 5.3 Generiranje sklopa pročišćavača PY-80.10 i PY-65.10..... | 60 |
| 6. ANALIZA NAPREZANJA (FEA) PROČISTAČA PY-100.10 I PROČISTAČA PY-80.10..... | 63 |
| 6.1 Analize naprezanja (FEA) za pročišćavač PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a) i ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) | 63 |
| 6.2 Analize naprezanja (FEA) za pročišćavač PY-80.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a) i ispitni tlak 2,4 (24 bar-a) | 71 |
| 7. ANALIZA TOKA STRUJANJA FLUIDA U PROČISTAČU PY-100.10 | 78 |
| 8. IZRADA 2D RADIONIČKE DOKUMENTACIJE | 85 |
| 9. ZAKLJUČAK..... | 88 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 10. LITERATURA | 89 |
| 11. OZNAKE I KRATICE..... | 90 |
| 12. SAŽETAK..... | 91 |
| 13. ABSTRACT | 92 |
| 14. PRILOZI | 93 |

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 2.1 Pročistač PY [1] | 2 |
| Slika 2.2 Prikaz pročistača u sustavu [2]..... | 3 |
| Slika 2.3 Prikaz PY pročistač izvan pogona | 3 |
| Slika 2.4 Prikaz filterskih elemenata[5] | 4 |
| Slika 3.1 Presjek pročistača [2] | 6 |
| Slika 3.2 Prikaz tipa filtera [2] | 6 |
| Slika 3.3 Dodatak c_1 pri proračunu debljine stijenke [8] | 7 |
| Slika 3.4 Prikaz cijevi PY-80.10 [2] | 8 |
| Slika 3.5 Prikaz cijevi PY-100.10 [2] | 13 |
| Slika 4.1 Prikaz sučelja <i>SolidWorks-a</i> | 18 |
| Slika 4.2 Odabir ravnine i stvaranje skice (eng. <i>Sketch</i>) | 19 |
| Slika 4.3 Modeliranje poklopca pročistača značajkom dodavanja materijala (eng. <i>Extruded Boss/ Base</i>) | 19 |
| Slika 4.4 Modeliranje poklopca pročistača značajkom dodavanja materijala (eng. <i>Extruded Boss/ Base</i>)..... | 20 |
| Slika 4.5 Stvaranje provrta pomoću alata (eng. <i>Hole Wizard</i>)..... | 21 |
| Slika 4.6 Značajkom zrcaljenja (eng. <i>Mirror</i>) dodana su tri dodatna provrta na poklopac pročistača..... | 21 |
| Slika 4.7 Stvaranje zaobljenja na rubovima | 22 |
| Slika 4.8 Dodavanje utora i provrta za filter | 23 |
| Slika 4.9 Kreiranje tablice (eng. <i>Desing Table</i>) i dodavanje mjera | 24 |
| Slika 4.10 Primjer tablice | 24 |
| Slika 4.11 Prikaz tablice (eng. <i>Desing Table</i>) poklopca pročistača | 25 |
| Slika 4.12 Prikaz nove konfiguracije poklopca pročistača PY-65.10 | 25 |
| Slika 4.13 Prikaz nove konfiguracije poklopca pročistača PY-80.10 | 26 |
| Slika 4.14 Prikaz izrade skice (eng. <i>Sketch</i>) pročistača PY-100.10 | 26 |
| Slika 4.15 Dodavanje materijala na skicu (eng. <i>Extruded Boss/Base</i>) | 27 |
| Slika 4.16 Stvaranje provrta na cijevi pročistača PY-100.10..... | 28 |
| Slika 4.17 Stvaranje provrta i prikaz alatne trake | 28 |
| Slika 4.18 Gotov 3D model cijevi pročistača PY-100.10 | 29 |
| Slika 4.19 Popis dimenzija za izradu familije proizvoda cijevi PY-80.10 i PY-65.10 | 30 |

| | |
|--|----|
| Slika 4.20 Prikaz tablice (eng. <i>Desing Table</i>) cijevi pročištača..... | 31 |
| Slika 4.21 Gotov 3D model za cijev pročištača PY-80.10 temeljem konfiguracije (eng. <i>Configuration</i>) u modulu (eng. <i>Desing Table</i>)..... | 32 |
| Slika 4.22 Gotov 3D model za cijev pročištača PY-65.10 temeljem konfiguracije (eng. <i>Configuration</i>) u modulu (eng. <i>Desing Table</i>)..... | 32 |
| Slika 4.23 Izrada prve skice cijevnog luka pročištača PY-100.10 | 33 |
| Slika 4.24 Izrada druge skice kružnog luka promjera Ø304 mm pročištača PY-100.10 | 33 |
| Slika 4.25 Gotova skica-1 i skica-2 za izradu cijevnog luka pročištača PY-100.10..... | 34 |
| Slika 4.26 Korištenje značajke (eng. <i>Sweep</i>) | 34 |
| Slika 4.27 Gotov 3D model cijevnog luka pročištača PY-100.10 | 35 |
| Slika 4.28 „Finalni“ 3D model cijevnog luka pročištača PY-100.10..... | 35 |
| Slika 4.29 Korištenjem značajke oduzimanja materijala (eng. <i>Extruded Cut</i>) za izradu finalnog 3D modela cijevnog luka pročištača PY-100.10..... | 36 |
| Slika 4.30 Gotov finalni 3D model cijevnog luka pročištača PY-100.10 | 37 |
| Slika 4.31 Prikaz prozora sa dimenzijama | 37 |
| Slika 4.32 Prikaz tablice za stvaranje konfiguracije cijevnog luka pročištača PY-80.10 i PY-65.10..... | 38 |
| Slika 4.33 Prikaz konfiguracije cijevnog luka pročištača PY-80.10..... | 38 |
| Slika 4.34 Prikaz konfiguracije cijevnog luka pročištača PY-65.10..... | 39 |
| Slika 4.35 Izrada skice (eng. <i>Sketch</i>) prirubnice pročištača PY-100.10..... | 39 |
| Slika 4.36 Dodavanje materijala na skicu (eng. <i>Extruded Boss/Base</i>) prirubnice pročištača PY-100.10..... | 40 |
| Slika 4.37 Oduzimanje materijala (eng. <i>Extruded Cut</i>) kroz cijeli volumen prirubnice..... | 40 |
| Slika 4.38 Oduzimanje materijala (eng. <i>Extruded Cut</i>) zbog stvaranja utora na prirubnici | 41 |
| Slika 4.39 Dodavanje provrta na prirubnicu pomoću čarobnjaka za izradu provrta (eng. <i>Hole Wizard</i>)..... | 41 |
| Slika 4.40 Dodavanje preostalih provrta pomoću značajke „kružni uzorak“ (eng. <i>Circular Pattern</i>)..... | 42 |
| Slika 4.41 Dodavanje novog provrta sa suprotne strane prirubnice..... | 42 |
| Slika 4.42 Gotov 3D model prirubnice pročištača PY-100.10..... | 43 |
| Slika 4.43 Prikaz tablice za familije proizvoda prirubnice pročištača PY-80.10 i PY-65.10 | 44 |
| Slika 4.44 Prikaz konfiguracije prirubnice PY-80.10 | 45 |
| Slika 4.45 Prikaz konfiguracije prirubnice PY-65.10 | 45 |
| Slika 4.46 Nastavak pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10 | 46 |

| | |
|--|----|
| Slika 4.47 Dno pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10 | 46 |
| Slika 4.48 Nastavak za cijevni luk pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10..... | 46 |
| Slika 4.49 Filtracioni element pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10..... | 47 |
| Slika 4.50 Prirub pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10 | 47 |
| Slika 4.51 Brtva pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10 | 47 |
| Slika 4.52 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model prirubnice pročištača PY-100.10 | 48 |
| Slika 4.53 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model cijevnog luk pročištača PY-100.10..... | 49 |
| Slika 4.54 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model nastavka za cijev pročištača PY-100.10..... | 49 |
| Slika 4.55 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model cijevi pročištača PY-100.10..... | 50 |
| Slika 4.56 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model dna pročištača PY-100.10..... | 50 |
| Slika 4.57 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model priruba pročištača PY-100.10 ... | 51 |
| Slika 4.58 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model poklopca pročištača PY-100.10 | 51 |
| Slika 4.59 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model brtve pročištača PY-100.10 | 52 |
| Slika 5.1 Prikaz za odabir sklopa (eng. Assembly)..... | 53 |
| Slika 5.2 Prikaz za odabir dijela (eng. Part-a) prilikom stvaranja cjeline | 54 |
| Slika 5.3 Prikaz „prozora“ za odabir površina i linija te veze između dvaju 3D modela | 55 |
| Slika 5.4 3D sklop pročištača PY-100.10 | 56 |
| Slika 5.5 Renderirani prikaz (foto-realističan) pročištača PY-100.10 | 57 |
| Slika 5.6 Odabir udaljenosti poklopca od ostalih dijelova prilikom izrade sklopa u rastavljenom stanju | 58 |
| Slika 5.7 3D model pročištača u rastavljenom stanju PY-100.10..... | 59 |
| Slika 5.8 „Prozor koji se otvara prilikom kreiranja animacije | 59 |
| Slika 5.9 Stvaranje sklopa pomoću konfiguracija..... | 60 |
| Slika 5.10 3D model sklopa pročištača PY-80.10..... | 61 |
| Slika 5.11 3D model sklopa pročištača PY-65.10..... | 62 |
| Slika 6.1 Odabir vrste analize naprezanja kod pročištača PY-100.10 | 63 |
| Slika 6.2 Odabir fiksnih oslonaca na pročištaču PY-100.10..... | 64 |
| Slika 6.3 Tlačno opterećenja (eng. <i>Pressure</i>) unutar kućišta pročištača PY-100.10 | 64 |
| Slika 6.4 Odabir površina za analizu naprezanja unutar stijenke kućišta pročištača PY-100.10. | 65 |
| Slika 6.5 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1\text{MPa}$ (10 bar-a) | 65 |

| | |
|--|----|
| Slika 6.6 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10bar-a) | 66 |
| Slika 6.7 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1.6 \text{ MPa}$ (16bar-a) | 67 |
| Slika 6.8 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a) | 68 |
| Slika 6.9 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-100.10 za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a) | 69 |
| Slika 6.10 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a) | 70 |
| Slika 6.11 Tlačno opterećenje (eng. Pressure) unutar kućišta pročištača PY-80.10 | 71 |
| Slika 6.12 Odabir površina za analizu naprezanja unutar stijenke kućišta PY-80.10 | 72 |
| Slika 6.13 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-80.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a) | 72 |
| Slika 6.14 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a) | 73 |
| Slika 6.15 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-80.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a) | 74 |
| Slika 6.16 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a) | 75 |
| Slika 6.17 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-80.10 za ispitni tlak $p_{\text{radni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a) | 76 |
| Slika 6.18 Uvećani prikaz spoja cijevi i cijevnog luka pročištača PY-80.10 gdje su vidljive znatnije promjene na stijenkama | 77 |
| Slika 6.19 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. <i>FOS</i>) za ispitni tlak $p_{\text{radni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a) | 77 |
| Slika 7.1 „Čarobnjak“ analize strujanja fluida (eng. <i>Flow Simulation</i>) | 78 |
| Slika 7.2 Odabir fluida (voda) za analizu | 78 |
| Slika 7.3 Definiranje ulaznih parametara | 79 |
| Slika 7.4 Definiranje izlaznih parametara | 79 |
| Slika 7.5 Pokretanje analize toka strujanja fluida | 80 |
| Slika 7.6 Prikaz obavijesti o završetku analize strujanja fluida | 80 |
| Slika 7.7 Odabir površina za analizu strujanja fluida | 81 |

| | |
|--|----|
| Slika 7.8 Grafički prikaz (linijski) strujanja fluida kroz pročištač PY-100.10 za protok $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ | 81 |
| Slika 7.9 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročištač PY-100.10 za protok $Q = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ | 82 |
| Slika 7.10 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročištač PY-100.10 za protok $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ | 83 |
| Slika 7.11 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročištač PY-100.10 za protok $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ (izometrija)..... | 84 |
| Slika 8.1 Prikaz „prozora“ u programskom alatu <i>SolidWorks</i> za odabir alata (eng. <i>Drawing</i>) izrade 2D radioničke dokumentacije..... | 85 |
| Slika 8.2 Odabir veličine sastavnice (eng. <i>Sheet Format/Size</i>)..... | 86 |
| Slika 8.3 Ispunjavanje sastavnice za PY-100.10 pročištač | 86 |
| Slika 8.4 Nacrt pročištača PY-100.10 sa ispunjenom sastavnicom i prikazom u izometriji..... | 87 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 2.1 Radne karakteristike PY pročistača [2]..... | 5 |
| Tablica 3.1 Vrijednost stupnja sigurnosti S prema čvrstoći [6] | 7 |
| Tablica 3.2 Analiza dobivenih podataka | 12 |
| Tablica 3.3 Analiza dobivenih podataka | 17 |

1. UVOD

U ovom završnom radu prikazan je opis pročištača tipa PY i analitički kontrolni proračun debljine stijenki cilindričnog dijela kućišta tipa PY-80.10, PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, ispitni tlak 2,4 MPa. Materijal kućišta pročištača je čelik P235G1TH (Č1214).

Prikazana je izrada 3D modela svih pozicija i sklopa cijevnog pročištača PY-100.10, te 3D prikaz i animacija sklopa u rastavljenom stanju u programskom alatu *SolidWorks*. „Generiranjem“ konfiguracija razvijene su „familije“ proizvoda pročištača PY-80.10 i PY-65.10.

Izrađene su analize naprezanja (eng. *Finite Element Analysis- FEA*) kućišta pročištača PY-80.10 i PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa te ispitni tlak 2,4 MPa. Prikazana je i analiza tijeka strujanja fluida (eng. *Flow Simulation*) za PY-100.10.

U programskom alatu *SolidWorks* također je izrađena kompletna radionička dokumantacija svih pozicija i sklopa za tip pročištača PY- 100.10.

2. PROČISTAČI

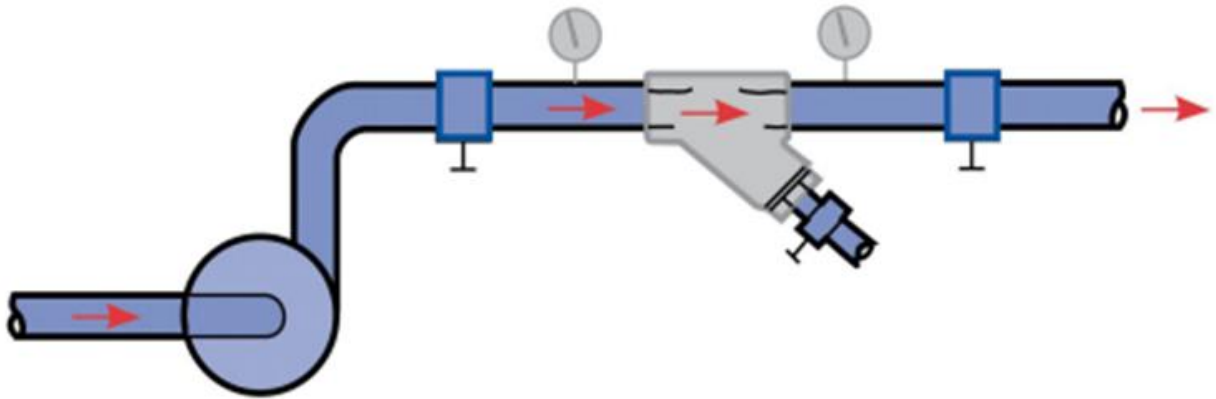
Pročistači općenito koriste se za odvajanje čestica iz ulja, goriva, a u posebnoj izvedbi pri pročišćavanju vode. Postrojenja ih koriste kako bi zaštitile ostale komponente procesnog sustava u industrijskim postrojenjima. Proizvode se dvije vrste pročistača : 1. Lijeване pročistače – jednostruki i dvostruki, 2. Pročistače u zavarenoj izvedbi [1].

PY pročistač sastoji se od komore u kojoj se nalazi filterski cilindar izrađen od noseće konstrukcije i nehrđajuće metalne tkanine. On se koristi za grubu zaštitu pumpi, mjerača protoka, regulatora i sl., za zaštitu od čestica pijeska i šljunka, koje možemo pronaći u naftnim derivatima, polusintetičkim i sintetičkim uljima, nekorozivnim tekućinama ili nekom drugom mediju. Nečistoće se redovito pojavljuju u radnoj tekućini, a njihovo stvaranje uzrokuju neželjeni zaostatci proizvodnje ili montaže i sl. PY pročistač vrlo je jednostavan za održavanje s obzirom da se ugradnja vrši na bilo kojem prikladnom mjestu cjevovoda [1].



Slika 2.1 Pročistač PY [1]

2.1 Princip rada



Slika 2.2 Prikaz pročištača u sustavu [2]

Ugradnja pročištača vrši se na pristupačnom mjestu cjevovoda. Slika 2.2 prikazuje „crvene strijelice“ (oznake smjera) kretanja fluida. Pročištač se postavlja tako da je element sa cilindričnim filterom prema dolje. To omogućuje mrežici filtera da lakše prikuplja nečistoće i to na najnižoj točki [3].



Slika 2.3 Prikaz PY pročištač izvan pogona



Slika 2.4 Prikaz filterskih elemenata[5]

2.2 Radne karakteristike PY pročištača

PY pročištači se izrađuju od ugljičnog i nehrđajućeg čelika. Imaju veliku izdržljivost te se mogu podvrgnuti visokim temperaturama do 200 °C i tlakovima do 1,6 MPa. Kućište pročištača izrađeno je u zavarenoj konstrukciji, unutar njega je filterski element koji spriječava prolazak nečistoća dalje u sustav. Bočne strane sa priрубnicama koriste se za spajanje u sustav. Na dnu se nalazi poklopac pomoću kojeg se vrši čišćenje i održavanje sustava [2].

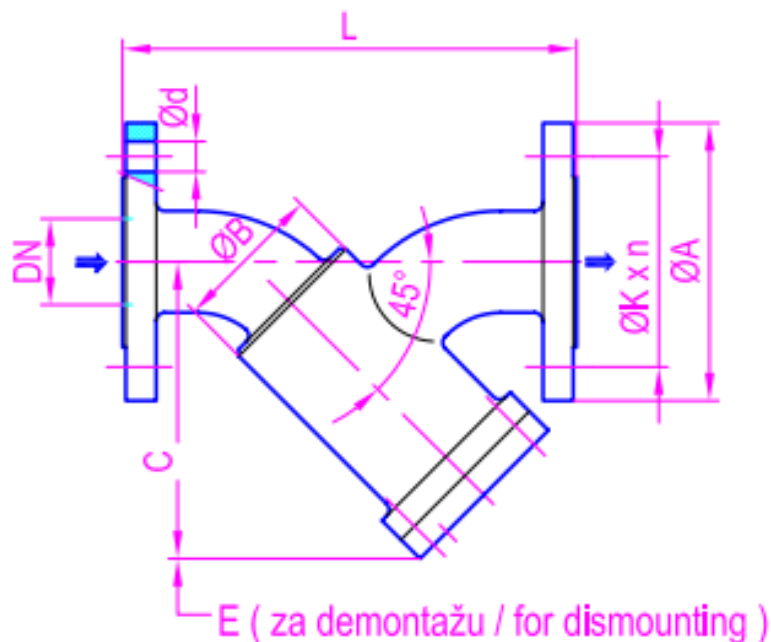
Ekonomični su u postrojenjima gdje je količina neželjenih čestica vrlo mala. Glavni nedostatak je zaustavljanje rada sustava ukoliko dolazi do izmjene filtera. Ako su količine prljavštine male problem čišćenja može se riješiti „propuhivanjem“. Radne karakteristike prikazane su tablicom 2.1 [2].

Tablica 2.1 Radne karakteristike PY pročistača [2]

| Protok | Prema profilu cjevovoda |
|--------------------------|----------------------------------|
| Radni tlak | Do 1,6 MPa |
| Finoća filtracije | 0.5 mm do 5 mm |
| Radna temperatura | Standardno do 200°C |
| Materijali | Ugljični čelik/ nehrđajući čelik |

3. KONTROLNI PRORAČUN DEBLJINE STIJENKE KUĆIŠTA PROČISTAČA

Proveden je analitički kontrolni proračun debljine stijenke kućišta pročištača PY-100.10 i PY-80.10 na temelju postojeće (izvedbene) 2D radioničke dokumentacije kućišta pročištača za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa, te ispitni tlak 2,4 MPa.



Slika 3.1 Presjek pročištača [2]

| Tip filtera Filter type | Mjere / Dimensions (mm) | | | | | | | | | | Masa kg Mass |
|----------------------------|---------------------------|-----|-------|-----|-----|------|-----|-----|----|----|-----------------|
| | DN | ØA | ØB | C | E | G | ØK | L | Ød | n | |
| PY-15.10* | 15 | 95 | 60.3 | 110 | 80 | G1/4 | 65 | 220 | 14 | 4 | 3 |
| PY-20.10* | 20 | 105 | 60.3 | 110 | 80 | G1/4 | 75 | 220 | 14 | 4 | 4 |
| PY-25.10* | 25 | 115 | 76.1 | 140 | 100 | G1/4 | 85 | 220 | 14 | 4 | 4.5 |
| PY-32.10* | 32 | 140 | 76.1 | 150 | 100 | G1/4 | 100 | 220 | 18 | 4 | 5 |
| PY-40.10* | 40 | 150 | 88.9 | 180 | 120 | G1/4 | 110 | 270 | 18 | 4 | 12 |
| PY-50.10* | 50 | 165 | 88.9 | 180 | 120 | G1/4 | 125 | 270 | 18 | 4 | 13 |
| PY-65.10 | 65 | 185 | 114.3 | 210 | 150 | G1/4 | 145 | 320 | 18 | 4 | 15 |
| PY-80.10* | 80 | 200 | 114.3 | 250 | 170 | G1/4 | 160 | 320 | 18 | 8 | 17 |
| PY-100.10 | 100 | 220 | 139.7 | 290 | 170 | G1/4 | 180 | 375 | 18 | 8 | 24 |
| PY-125.10 | 125 | 250 | 168.3 | 350 | 190 | G1/2 | 210 | 440 | 18 | 8 | 38 |
| P-150.10 | 150 | 285 | 193.7 | 405 | 200 | G1/2 | 240 | 500 | 22 | 8 | 46 |
| PY-200.10 | 200 | 340 | 323.9 | 580 | 220 | G1/2 | 295 | 640 | 22 | 12 | 100 |
| PY-250.10 | 250 | 405 | 355.6 | 670 | 330 | G1/2 | 355 | 875 | 26 | 12 | 163 |
| PY-300.10 | 300 | 460 | 457 | 720 | 380 | G1/2 | 410 | 965 | 26 | 12 | 243 |

Slika 3.2 Prikaz tipa filtera [2]

$$s = \frac{D_s \cdot p}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 [mm] \quad (3.1)$$

Gdje je :

- D_s = vanjski promjer kućišta;
- p = radni tlak, [bar];
- K = proračunska čvrstoća, [N/ mm²];
- S = stupanj sigurnosti za materijal pri proračunskoj temperaturi;
- v = koeficijent valjanosti zavarenog spoja;
- c_1 = dodatak za dopušteno odstupanje materijala, [mm];
- c_2 = dodatak za koroziju i trošenje iznosi maksimalno 1 mm i najčešće je sadržan u zaokruženju proračunate stijenke cijevi, [mm];

Tablica 3.1 Vrijednost stupnja sigurnosti S prema čvrstoći [6]

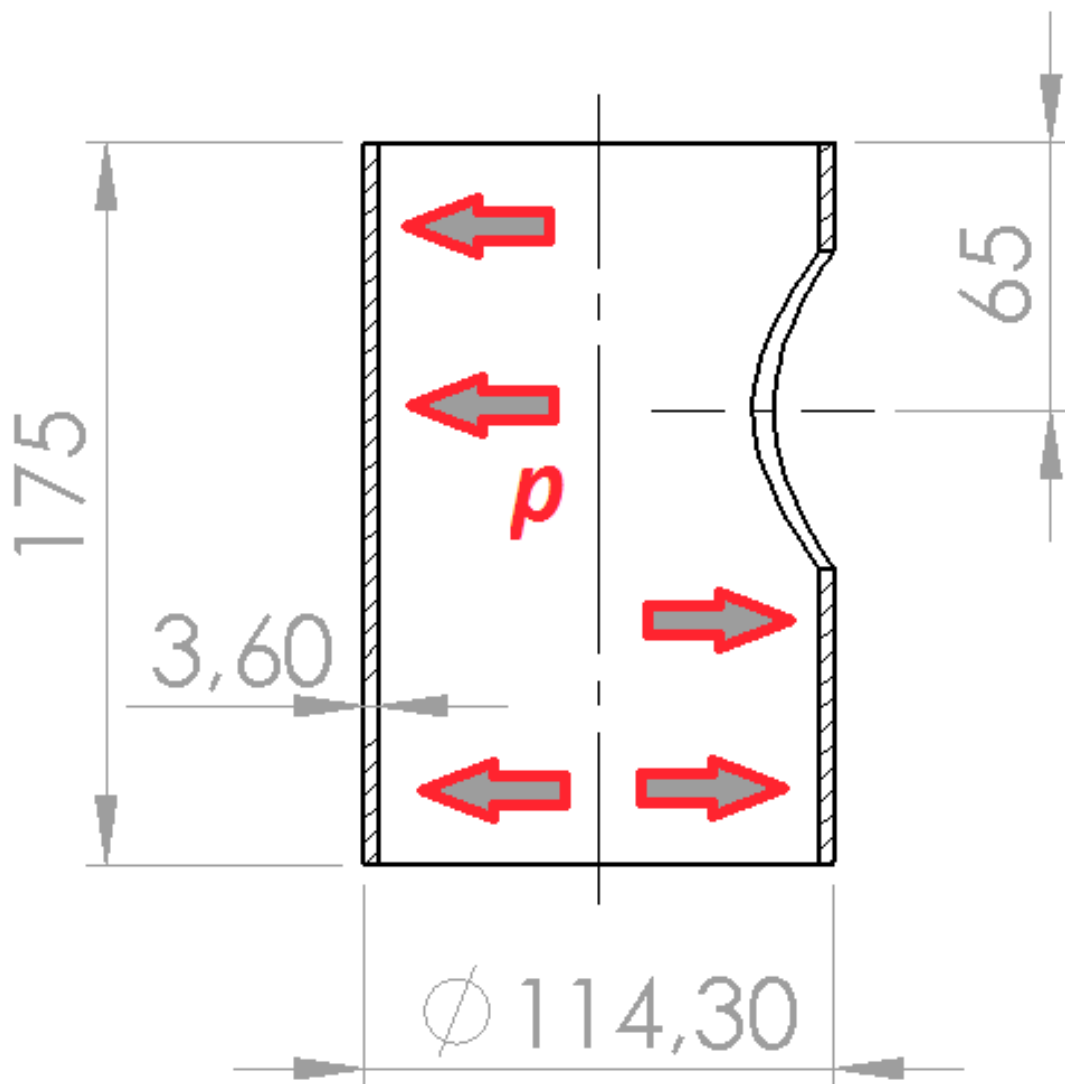
| Vrsta materijala | Stupanj sigurnosti za materijal pri proračunskoj temperaturi, S | Stupanj sigurnosti za materijal pri ispitnom tlaku, S' |
|---|---|--|
| 1. Sivi lijev | | |
| 1.1. Nežaren | 9.0 | 3.5 |
| 1.2. Žaren ili emajliran | 7.0 | |
| 2. Bakar i njegove legure, valjana i lijevana bronca | | 2.5 |
| 2.1. Bešavne ili zavarene posude | 3.5 | |
| 2.2. Lemljene posude | 4.0 | |

| Bešavne cijevi | | Šavne (zavarene) cijevi | | | |
|--|---------------|-------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| Dopušteno smanjenje debljine stijenke cijevi prema uvjetima isporuke % | dodatak c_1 | područje debljina mm | dodatak c_1 mm | | |
| | | | limovi | vruće valjane trake | hladno valjane trake |
| 8 | 0,085 s_0 | 3 do 3,5 | 0,25 do 0,4 | 0,15 do 0,30 | 0,08 do 0,21 |
| 10 | 0,11 s_0 | 4 do 4,75 | 0,3 do 0,5 | 0,15 do 0,3 | 0,11 do 0,23 |
| 12 | 0,14 s_0 | 5 do 7 | 0,3 | 0,15 do 0,3 | 0,12 do 0,25 |
| 13 | 0,15 s_0 | 7 do 10 | 0,3 | 0,15 do 0,3 | |
| 15 | 0,18 s_0 | 10 do 30 | 0,5 | | |
| 18 | 0,22 s_0 | 30 do 35 | 0,6 | | |
| | | 35 do 40 | 0,7 | | |

Slika 3.3 Dodatak c_1 pri proračunu debljine stijenke [8]

3.1 Kontrolni proračun debljine stijenke kućišta cijevnog pročištača tipa PY-80.10

Proveden je kontrolni proračun debljine stijenke cilindričnog dijela kućišta cijevnog pročištača tipa PY-80.10 u zavarenoj izvedbi prema normi HRN M.E2.253 za: radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a), ispitni tlak 2,4 (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214), na temelju postojeće 2D dokumentacije (slika 3.4).



Slika 3.4 Prikaz cijevi PY-80.10 [2]

3.1.1 Radni tlak 1,0 MPa (10 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)

- $D_s = 114,3$ mm (slika 3.4. vrijednost za PY-80.10)
- $p_{\text{radnitlak}} = 10$ bar-a
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186 \text{ N/mm}^2$ [7]
- $S_{\text{bešavnecijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1$ mm
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{114,3 \cdot 10}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 10} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 2,37 \text{ mm}$$

3.1.2 *Radni tlak 1,6 MPa (16 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)*

- $D_s = 114,3 \text{ mm}$ (slika 3.4. vrijednost za PY-80.10)
- $p_{\text{radnitlak}} = 16 \text{ bar-a}$
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186 \text{ N/mm}^2$
- $S_{\text{bešavnecijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1 \text{ mm}$
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{114,3 \cdot 16}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 16} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 2,37 \text{ mm}$$

3.1.3 *Ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)*

- $D_s = 114,3 \text{ mm}$ (slika 3.4. vrijednost za PY-80.10)
- $P_{\text{ispitnitlak}} = 24 \text{ bar-a}$
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186 \text{ N/mm}^2$
- $S_{\text{bešavnecijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1 \text{ mm}$
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{114,3 \cdot 24}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 24} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 3,83 \text{ mm}$$

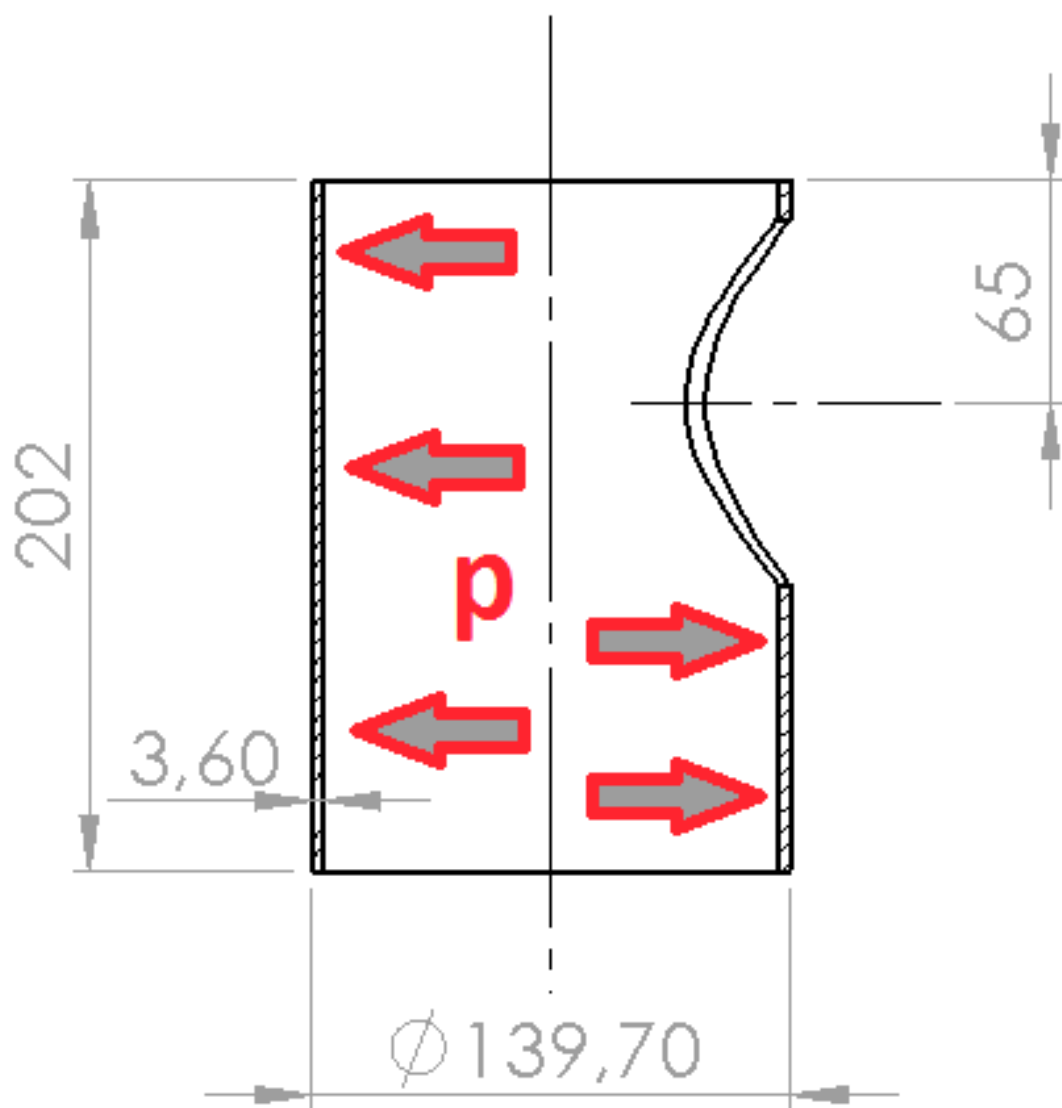
Tablica 3.2 Analiza dobivenih podataka

| Cijevni pročistač PY 80.10 | Radni tlak, $P_{\text{radni tlak}}$ [MPa] | Materijal | Potrebna debljina stijenke, s [mm] | Usvojena vrijednost stijenke, s[mm] |
|---|---|-----------------|---|--|
| | 1,0 | P235G1TH | 2,37 | 3,6 |
| | 1,6 | P235G1TH | 3,00 | 3,6 |
| | Ispitni tlak, $P_{\text{radni tlak}}$ [MPa] | | | |
| | 2,4 | P235G1TH | 3,83 | 4 |

Iz tablice 3.2 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa usvojena vrijednost debljine stijenke je 3,6 mm, dok je za ispitni tlak od 2,4 MPa usvojena vrijednost debljine stijenke od 4 mm.

3.2 Kontrolni proračun debljine stijenke kućišta cijevnog pročištača tipa PY-100.10

Proveden je kontrolni proračun debljine stijenke cilindričnog dijela kućišta cijevnog pročištača tipa PY-100.10 u zavarenoj izvedbi prema normi HRN M.E2.253 za: radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a), ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214), na temelju postojeće dokumentacije (slika 3.5).



Slika 3.5 Prikaz cijevi PY-100.10 [2]

3.2.1 *Radni tlak 1,0 MPa (10 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)*

- $D_s = 139,7$ mm (slika 3.5. vrijednost za PY-100.10)
- $p_{\text{radnitlak}} = 10$ bar-a
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186$ N/mm²
- $S_{\text{bešavnecijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1$ mm
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{139,7 \cdot 10}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 10} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 2,61 \text{ mm}$$

3.2.2 Radni tlak 1,6 MPa (16 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)

- $D_s = 139,7$ mm (slika 3.5. vrijednost za PY-100.10)
- $p_{\text{radnitlak}} = 16$ bar-a
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186 \text{ N/mm}^2$
- $S_{\text{bešavnecijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1$ mm
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{139,7 \cdot 16}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 16} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 3,38 \text{ mm}$$

3.2.3 Ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a) i materijal kućišta čelik P235G1TH (Č1214)

- $D_s = 139,7$ mm (slika 3.5. vrijednost za PY-100.10)
- $P_{\text{ispitnitlak}} = 24$ bar-a
- $K_{\text{P235G1TH } 200^\circ\text{C}} = 186$ N/mm²
- $S_{\text{bešavne cijevi}} = 3,5$ (tablica 3.1) [6]
- $\nu = 1$, za bešavne cijevi [6]
- $c_1 = 0,306$
- $c_2 = 1$ mm
- $s_{\text{stand}} = 3,6$ (slika 3.2) [8]

$$c_1 = 0,085 \cdot s_{\text{stand}} [8]$$

$$c_1 = 0,085 \cdot 3,6_{\text{stand}} = 0,306$$

iz (3.1) slijedi :

$$s = \frac{139,7 \cdot 24}{20 \cdot \frac{186}{3,5} \cdot 1 + 24} + 0,306 + 1 [mm]$$

$$s = 4,39 \text{ mm}$$

Tablica 3.3 Analiza dobivenih podataka

| Cijevni pročistač PY 100.10 | Radni tlak, $P_{\text{radni tlak}}$ [MPa] | Materijal | Potrebna debljina stijenke, s [mm] | Usvojena vrijednost stijenke, s[mm] |
|--|---|-----------------|---|--|
| | 1,0 | P235G1TH | 2,61 | 3,6 |
| | 1,6 | P235G1TH | 3,38 | 3,6 |
| | Ispitni tlak, $P_{\text{radni tlak}}$ [MPa] | | | |
| | 2,4 | P235G1TH | 4,39 | 4,5 |

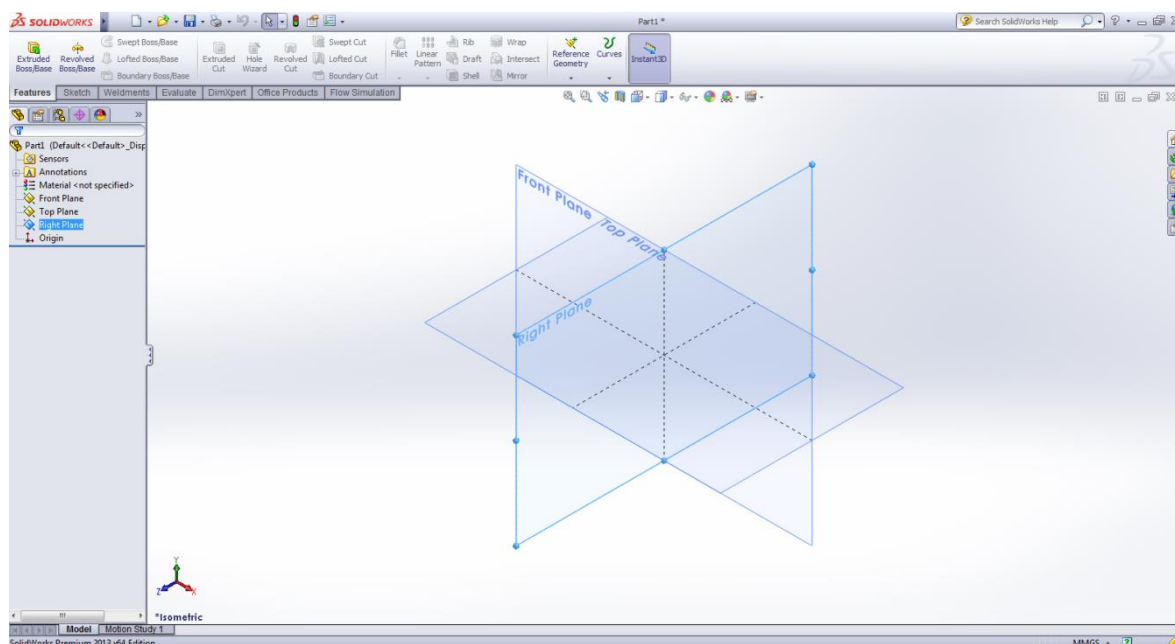
Iz tablice 3.3 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 MPa vrijednost debljine stijenke usvojena je debljina 3,6 mm, dok je za ispitni radni tlak od 2,4 MPa usvojena vrijednost debljine stijenke od 4,5 mm.

4. IZRADA 3D MODELA PROČISTAČA PY-100.10 I GENERIRANJE FAMILIJE PROIZVODA PY-80.10 I PY-65.10

Na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije prikazana je izrada 3D modela pojedinih dijelova cijevnog pročištača PY-100.10. Postupak izrade 3D modela temelji se na linearnom hijerarhijskom stablu koje je prikazano sa lijeve strane sučelja (slika 4.1), kao i na slijedu skica (eng. *Sketch-ova*) i značajki (eng. *Feature*).

Modeliranje konfiguracija pomoću tablice (eng. *Design Table*) su značajke *SolidWorks*-a koje pomažu korisnicima modelirati proizvode različitih dimenzija, dizajna u samoj jednoj datoteci bez obzira radilo se o dijelu proizvoda, sklopu ili o nacrtima. Korištenjem takvog tipa modeliranja moguće je generirati konfiguracije proizvoda, familije proizvoda koje su pohranjene unutar iste datoteke. Dodatan programski alat koji se koristi je *Microsoft Excel*. Postoji nekoliko načina korištenja modeliranja pomoću tablica. Prvi način je automatsko kreiranje tablice, drugi način je otvaranje prazne tablice, te samostalno unošenje parametara, i treći način je stvaranje tablice u *Excel*-u pri čemu se ona posebno dodaje modelu u *SolidWorks*-u. Posebno treba pripaziti na imena konfiguracija u tablici. Ona ne smiju sadržavati samo brojeve jer ih program automatski prepoznaje kao vrijednosti.

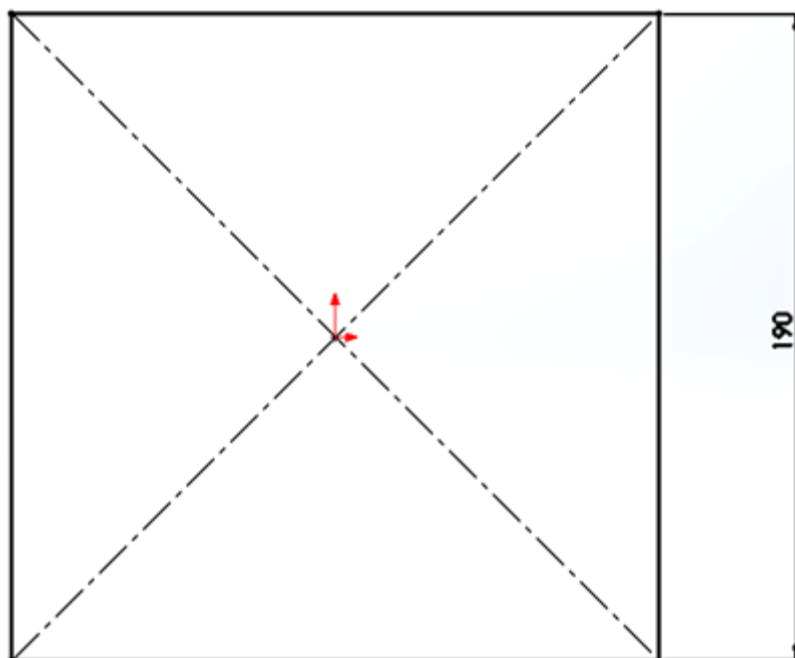
Velika prednost ovakvog modeliranja je ušteda vremena i veoma brzi razvoj novih proizvoda. U sljedećim poglavljima istaknuti su interesantniji primjeri modeliranja dijelova (eng. *Part-ova*) pročištača te temeljno objašnjenje dobivanja familije proizvoda.



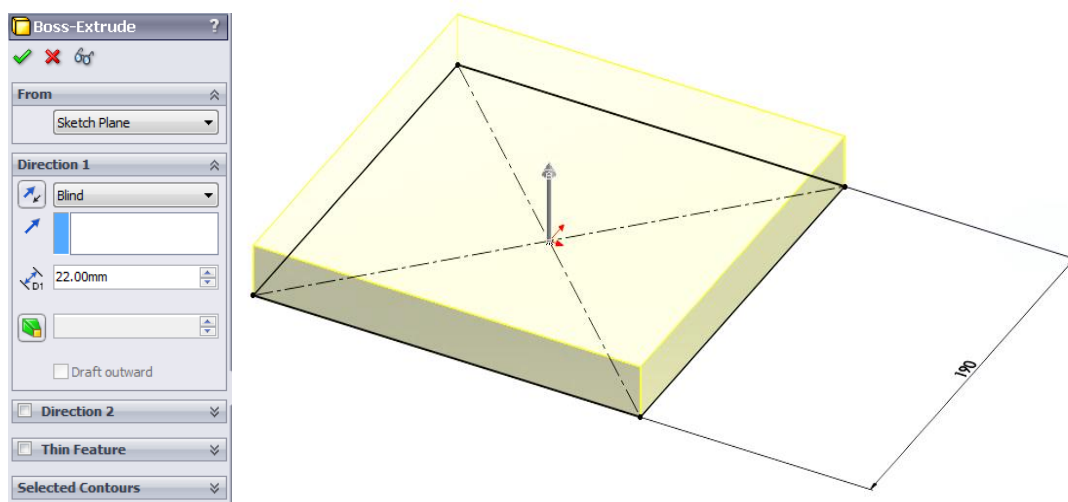
Slika 4.1 Prikaz sučelja *SolidWorks*-a

4.1 Izrada 3D modela poklopca pročištača PY 100.10

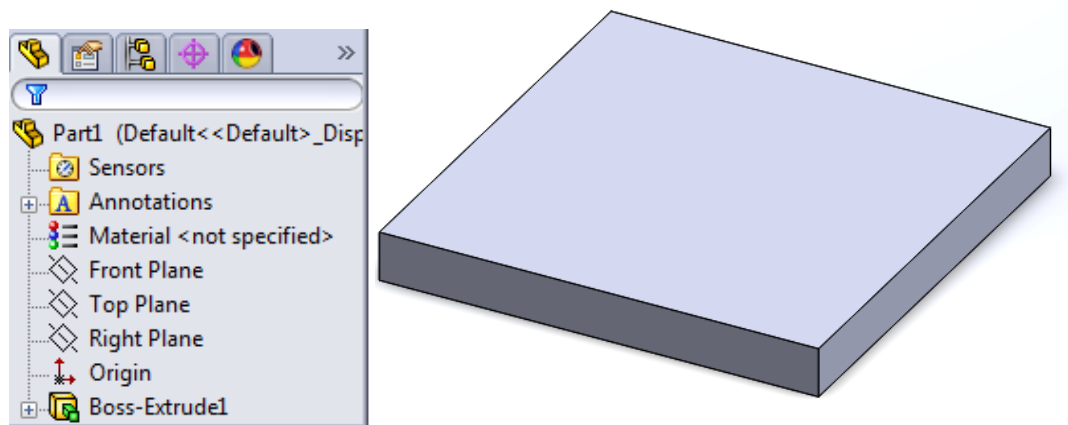
Postupak 3D modeliranja poklopca pročištača PY-100.10 započinje odabirom ravnine te izradom skice (eng. *Sketch*). Nakon izrade skice (slika 4.2.), „dodaje se materijal“ (eng. *Extruded Boss/Base*) na zadanu ravninu skice (eng. *Sketch*) (slika 4.3, 4.4.).



Slika 4.2 Odabir ravnine i stvaranje skice (eng. *Sketch*)

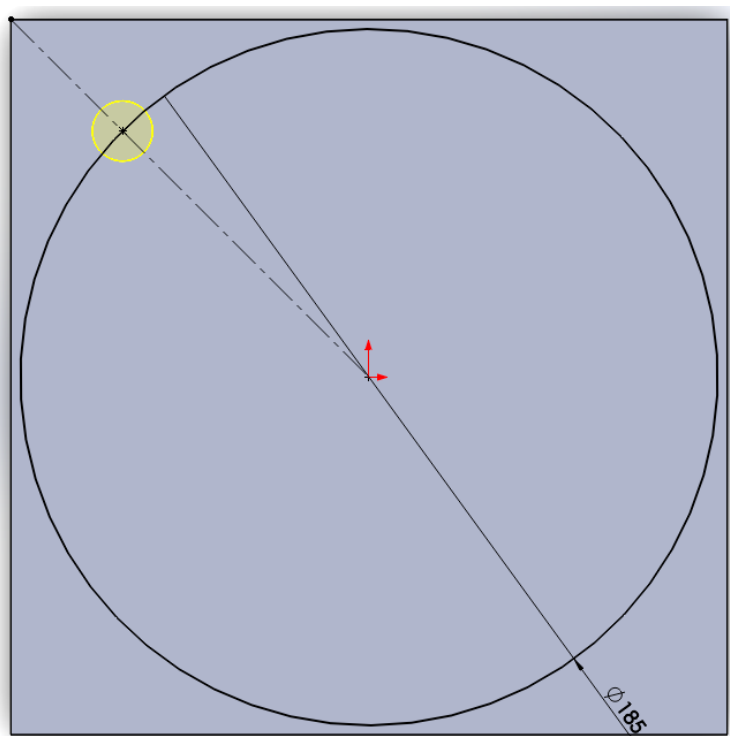
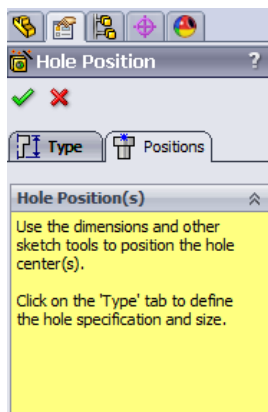


Slika 4.3 Modeliranje poklopca pročištača značajkom dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/Base*)

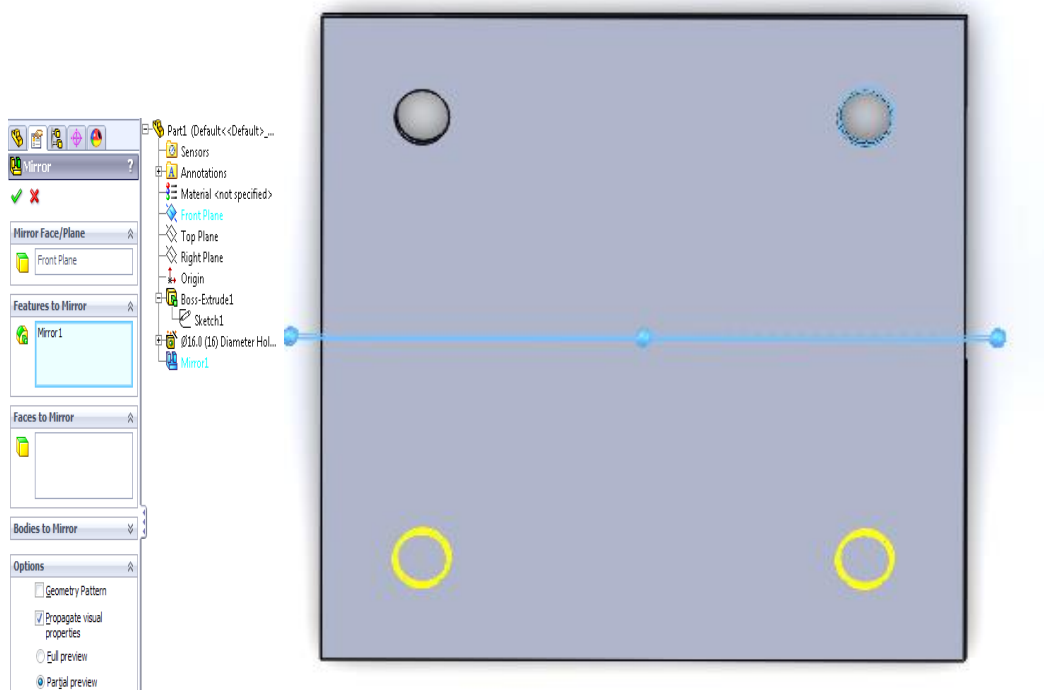


Slika 4.4 Modeliranje poklopca pročištača značajkom dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/Base*)

Dodavanjem materijala na skicu (eng. *Sketch*) prijelazi se na sljedeći korak - stvaranja provrta. Za stvaranje provrta odabiremo značajku provrt (eng. *Hole Wizard*). Ta značajka omogućuje različit odabir provrta, provrte različitih veličina i navoja prema određenim standardima (ISO, Ansi Metric, itd.). U tijeku izrade provrta potrebno je značajkom zrcaljenja (eng. *Mirror*) dodati još tri dodatna provrta (slika 4.5.)

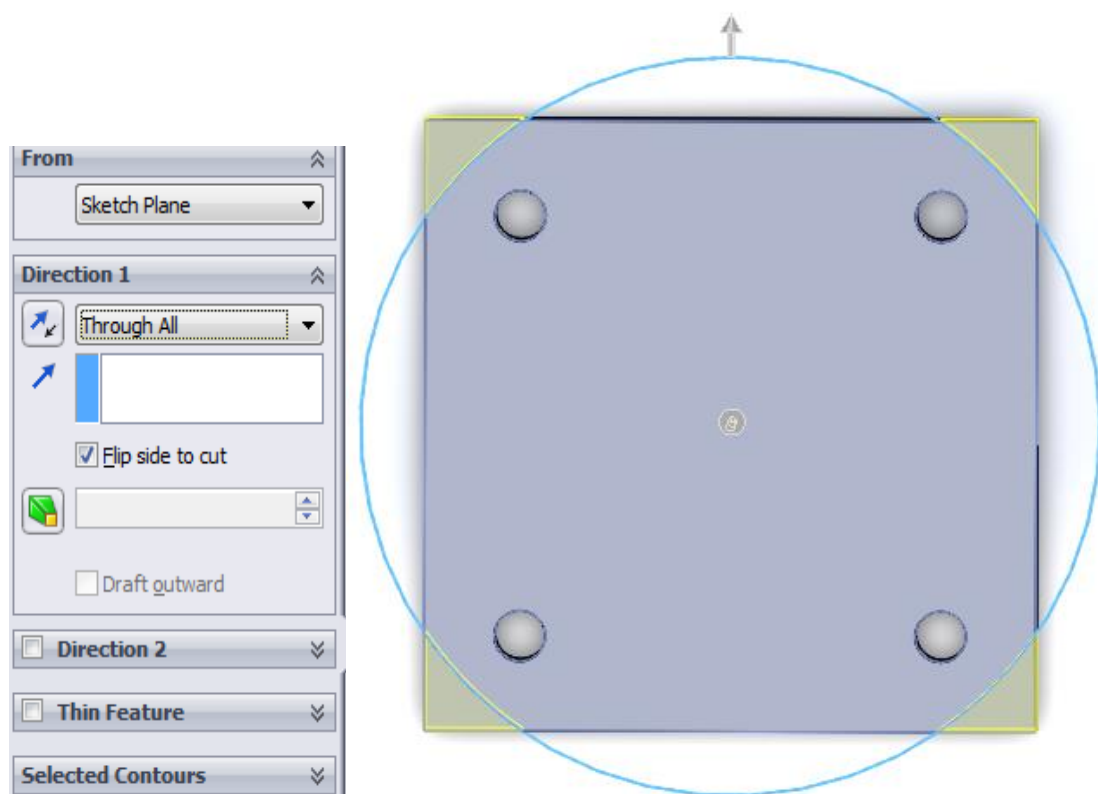


Slika 4.5 Stvaranje provrta pomoću alata (eng. *Hole Wizard*)

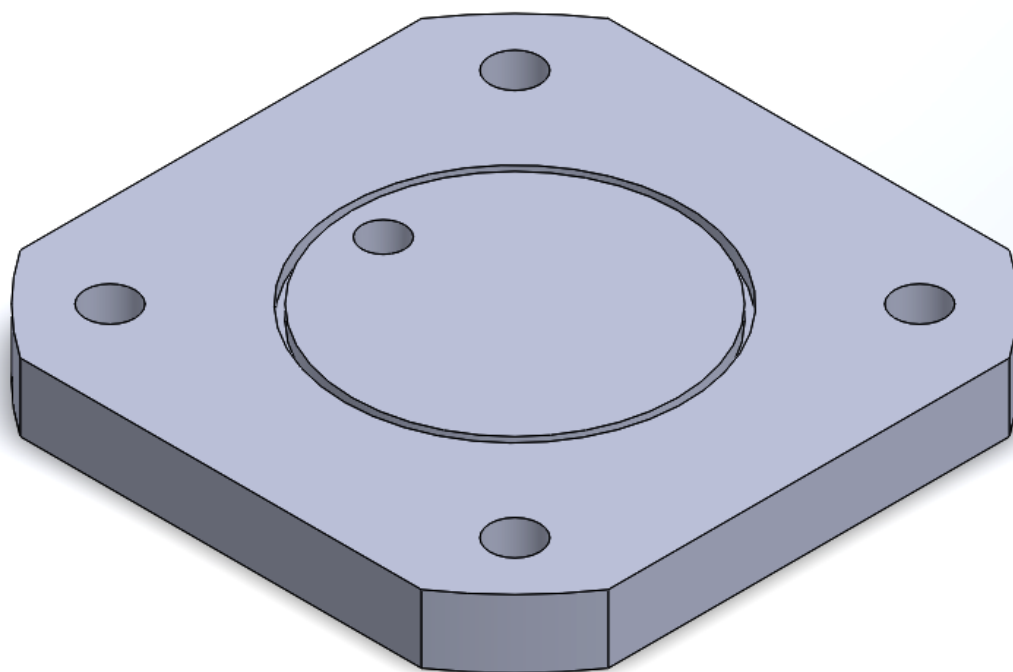


Slika 4.6 Značajkom zrcaljenja (eng. *Mirror*) dodana su tri dodatna provrta na poklopac pročištača

Značajkom oduzimanja materijala (eng. *Extruded Cut*) izrađena su zaobljenja na rubovima. Promjer zaobljenja iznosi Ø 230 mm. Odabirom skice (eng. *Sketch-a*) potrebno je obrnuti smjer oduzimanja (eng. *Flip side to cut*) materijala kroz cijelu površinu (eng. *Through All*).



Slika 4.7 Stvaranje zaobljenja na rubovima



Slika 4.8 Dodavanje utora i provrta za filter

U zadnjem koraku modeliranja poklopca potrebno je izraditi utor za filter. Odabrana je skica (eng. *Sketch*) na kojoj su izrađene su dvije kružnice promjera Ø114,3 mm i Ø107,1 mm, a značajkom oduzimanja materijala (eng. *Extruded Cut*) dobiven je utor. Provrt je izrađen pomoću „čarobnjaka“ (eng. *Hole Wizard*) gdje je odabran tip, mjera i dubina provrta. Sličan primjer izrade provrta prikazan je unaprijed nekoliko koraka. Slika 4.8. pokazuje gotov 3D model poklopca filtera PY-100.10 .

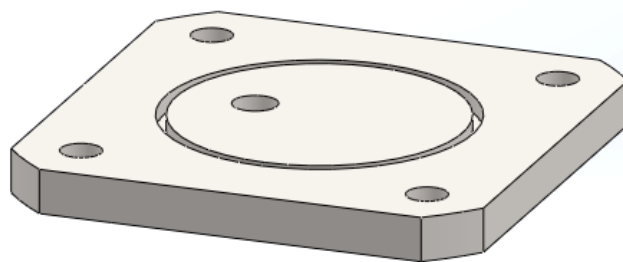
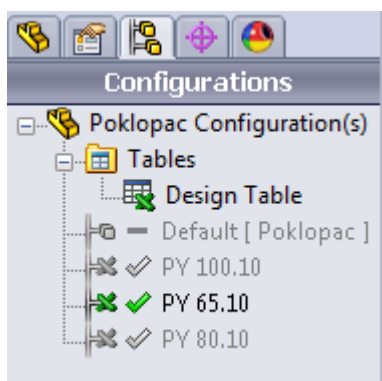
4.2 Generiranje familije proizvoda poklopca PY-80.10 i PY-65.10

Generiranje familije proizvoda započinje kreiranjem tablice (eng. *Design Table*). Na alatnoj traci odabire se umetanje (eng. *Insert*) , zatim tablica (eng. *Tables*), stvori tablicu (eng. *Design Table*). Klikom na „stvori tablicu“ sa lijeve strane prikazana je traka sa izbornikom gdje su navedene mogućnosti i opcije za kreiranje tablice. Zbog jednostavnosti modela ostavljene su ostale opcije koje nudi programski alat *SolidWorks*. Tablica će se automatski kreirati i osvježavati nakon svih promjena koje korisnik unese. Potvrdom na zelenu „kvačicu“ otvara se novi prozor gdje se učitavaju sve dimenzije modela (Slika 4.9). Odabir dimenzija ovisi o korisniku nakon čega dolazi do kreiranja tablice.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | |
|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 1 | Design Table for: Part1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Duljina poklopca@Sketch1 | Duljina poklopca1@Sketch1 | Dodavanje materijala@Boss-Extrude1 | Promjer 1@Sketch8 | Dodavanje materijala 1@Cut-Extrude2 | Promjer3@Sketch9 | Promjer2@Sketch9 | Oduzimanje materijala@Cut-Extrude3 | Tolerancije@D2@3DSketch7 | Duljina provrta1@3DSketch7 | Duljina provrta2@3DSketch7 | Duljina provrta3@Sketch7 | Provrta@Tap Drill for Tap1 | |
| 3 | PY 100.10 | 190 | 190 | 22 | 230 | 22 | 110 | 105 | 5 | NONE | 40 | 93 | 92,5 | M16 | |
| 4 | PY 80.10 | 140 | 140 | 13 | 180 | 13 | 85 | 91 | 5 | NONE | 20 | 73 | 72,5 | M12 | |
| 5 | PY 65.10 | 140 | 140 | 13 | 180 | 13 | 85 | 91 | 5 | NONE | 20 | 73 | 72,5 | M12 | |

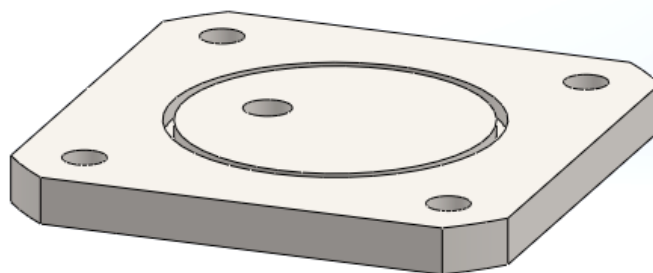
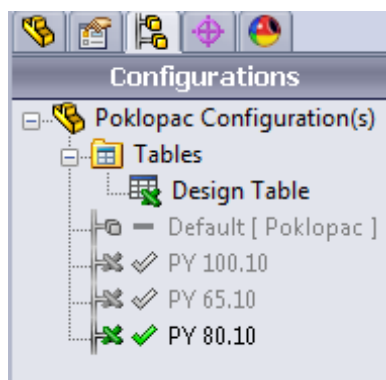
Slika 4.11 Prikaz tablice (eng. *Desing Table*) poklopca pročištača

Kod stvaranja preostalih konfiguracija potrebno je prvo unijeti njihova imena. Konfiguracije PY- 80.10 i PY- 65.10 unosimo u stupac A, dok u ostale stupce unosimo vrijednosti dimenzija koje su predviđene dobivenim nacrtima. Klikom miša na bilo koje mjesto izvan tablice Excela automatski dovodi do stvaranja novih konfiguracija.



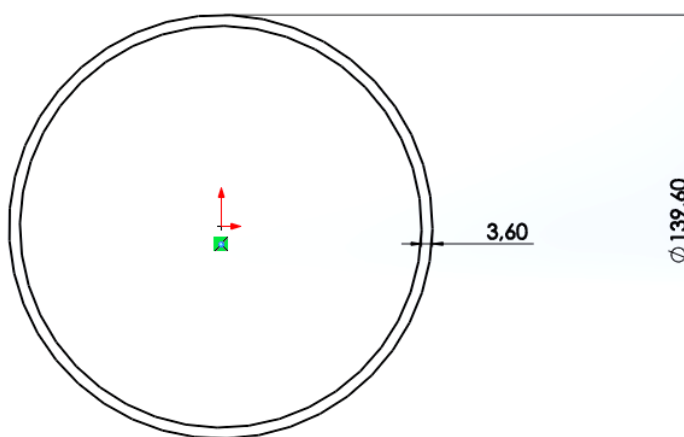
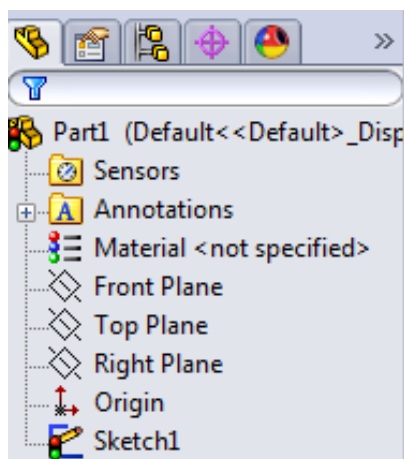
Slika 4.12 Prikaz nove konfiguracije poklopca pročištača PY-65.10

Popis novih konfiguracija nalazi se na slici 4.13. Dvoklikom na ime željenog pročištača on se automatski učitava. U ovom slučaju prikazan je poklopac pročištača PY 65.10. Ukoliko su potrebne preinake na dobivenom modelu, desnim klikom miša na „kreiraj tablicu“ (eng. *Design Table*) otvoriti će se izbornik gdje je potrebno odabrati „uredi tablicu“ (eng. *Edit table*) te će se ponovno otvoriti tablica u Excel-u.



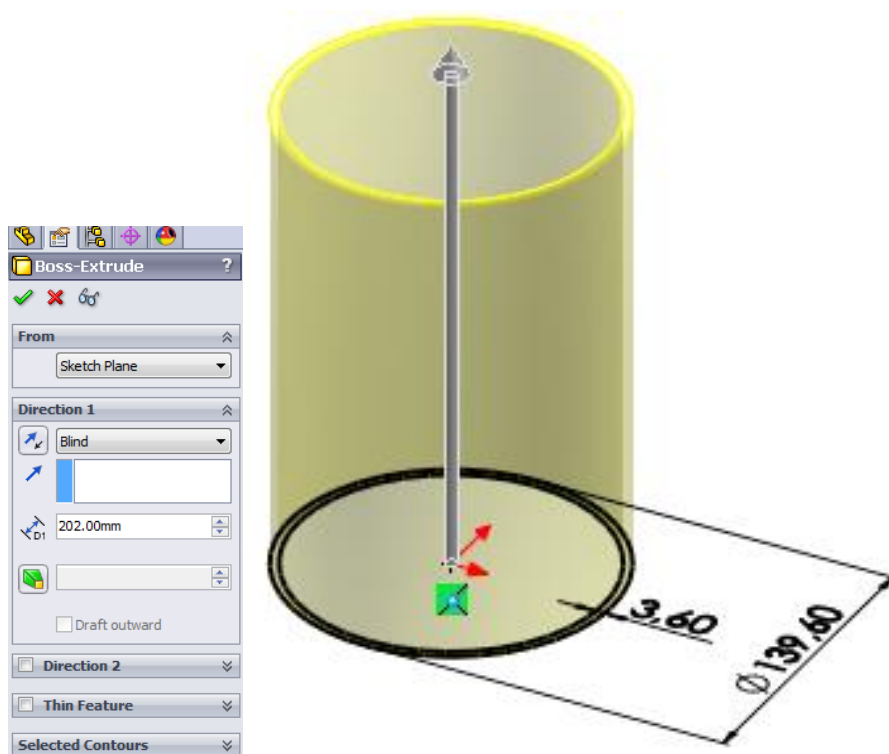
Slika 4.13 Prikaz nove konfiguracije poklopca pročištača PY-80.10

4.3 Izrada 3D modela cijevi pročištača tipa PY-100.10



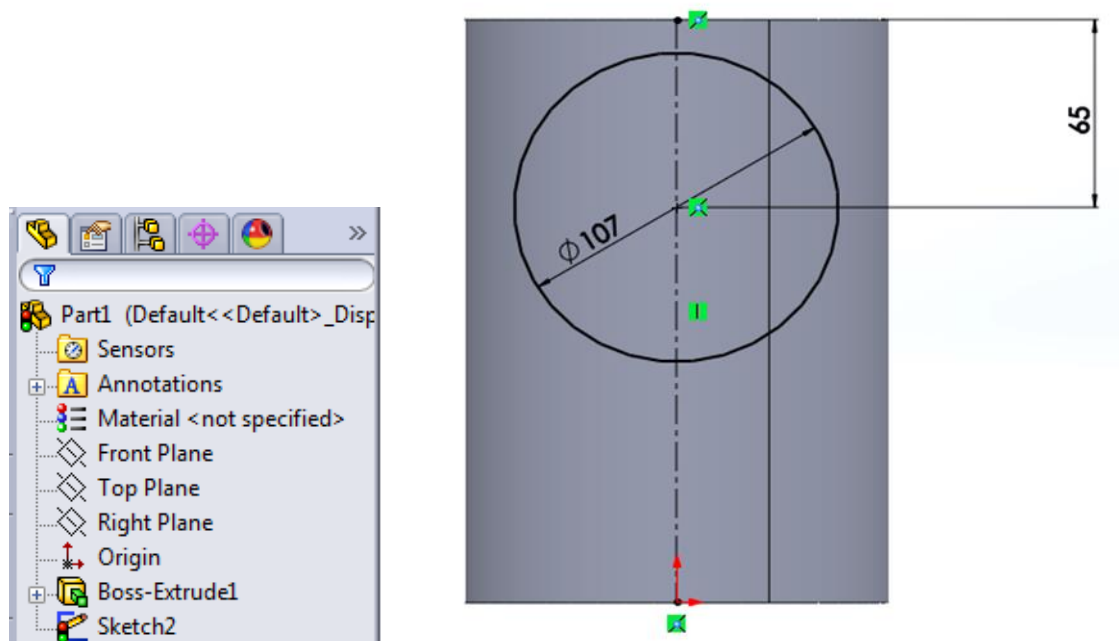
Slika 4.14 Prikaz izrade skice (eng. Sketch) pročištača PY-100.10

Izrada 3D modela cijevi pročistača PY-100.10 započinje izradom skice (eng. *Sketch*) dviju kružnica promjera $\varnothing 139,6$ mm i $\varnothing 132,4$ mm (slika 4.15.). Sljedeći korak je dodavanje materijala na skicu u iznosu 202 mm (eng. *Extruded Boss/ Base*) (slika 4.15).

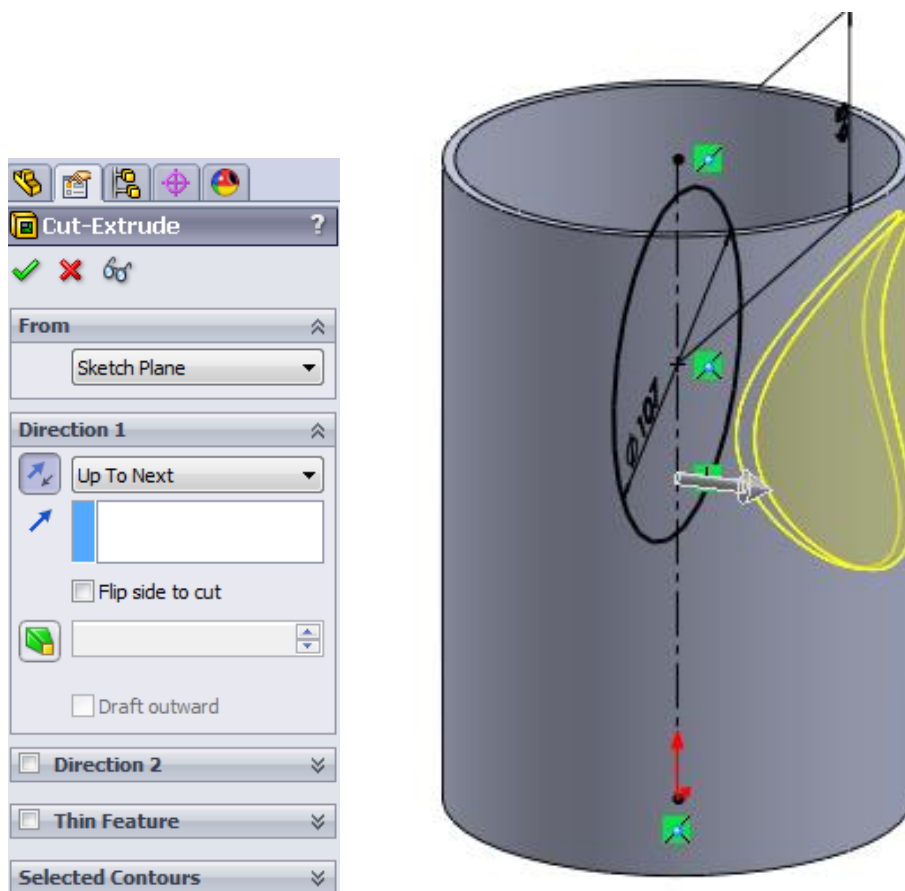


Slika 4.15 Dodavanje materijala na skicu (eng. Extruded Boss/Base)

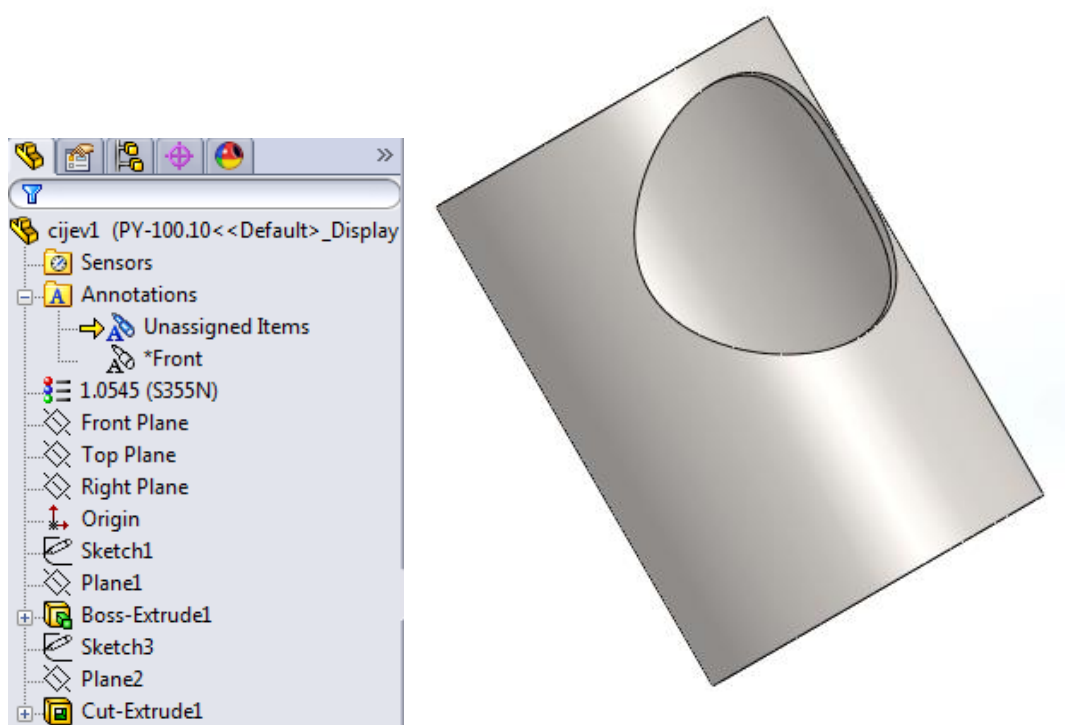
Nakon dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/Base*) stvara se nova skica (eng. *Sketch*). Na njoj se skicira kružnica $\varnothing 107$ mm. Odabirom značajke oduzimanja materijala (eng. *Extruded Cut*) otvara se prozor gdje je odabrana skica, i smjer oduzimanja do vanjske površine cijevi. Potvrdom na zelenu kvačicu dobiva se željeni provrt cijevi (slika 4.16 i 4.17).



Slika 4.16 Stvaranje provrta na cijevi pročistača PY-100.10

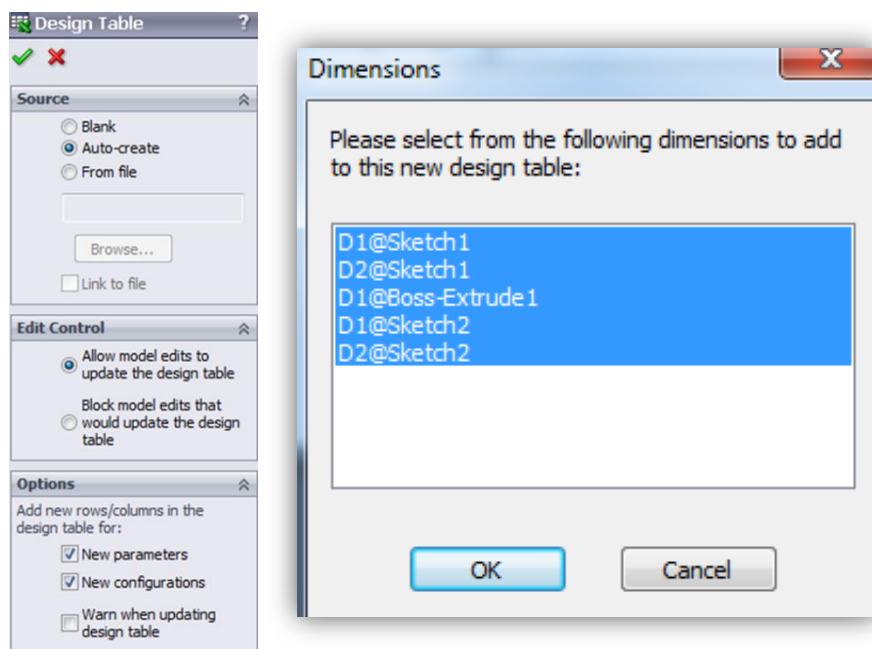


Slika 4.17 Stvaranje provrta i prikaz alatne trake



Slika 4.18 Gotov 3D model cijevi pročistača PY-100.10

4.4 Generiranje familije proizvoda cijevi PY-80.10 i PY-65.10



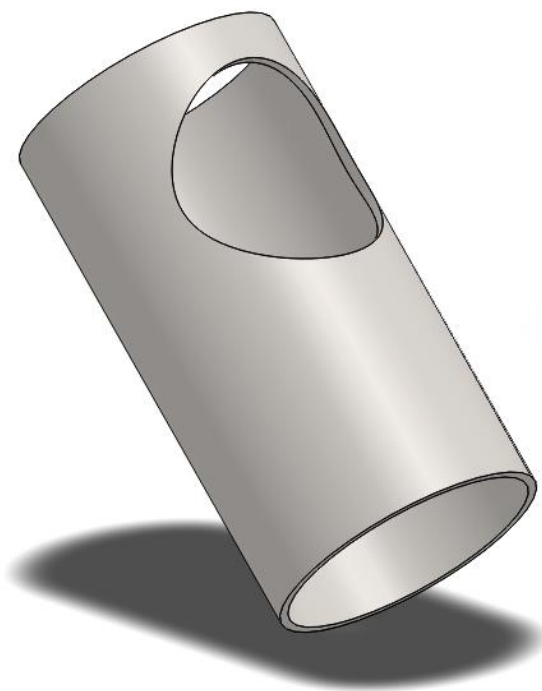
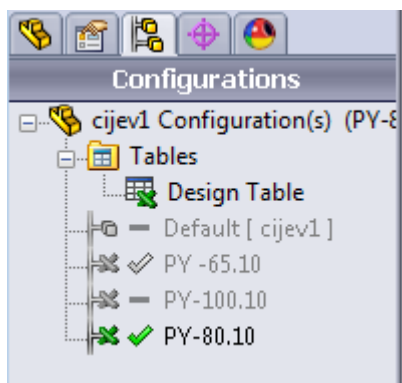
Slika 4.19 Popis dimenzija za izradu familije proizvoda cijevi PY-80.10 i PY-65.10

Preostale dvije konfiguracije cijevi pročištača PY-80.10 i PY-65.10 modeliraju se vrlo slično prethodnom primjeru poklopca pročištača. Prvi korak je dizajniranje tablice. Na alatnoj traci potrebno je odabrati „umetanje“ (eng. *Insert*), zatim odabrati tablice (eng. *Tables*) i odabrati „kreiraj tablicu“ (eng. *Design Table*). Slika 4.20. prikazuje popis dimenzija i skica koje su korištene za modeliranje cijevi pročištača PY 100.10. Potrebno je označiti cijeli popis jer su nam sve skice i značajke potrebne za modeliranje konfiguracija.

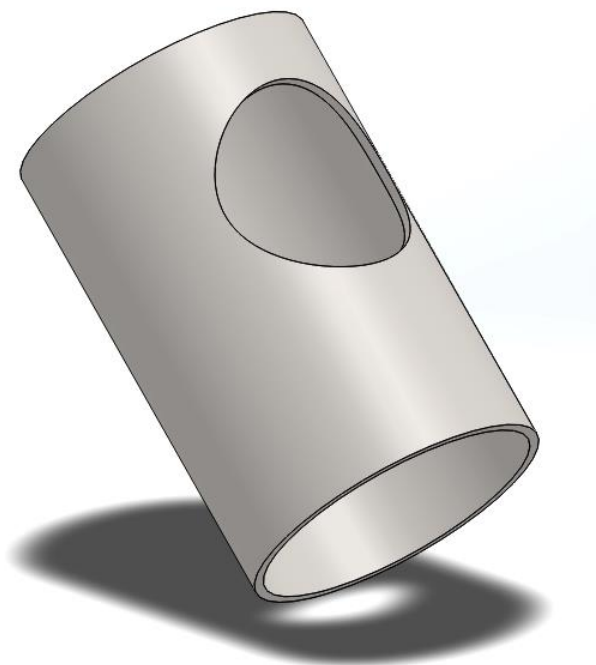
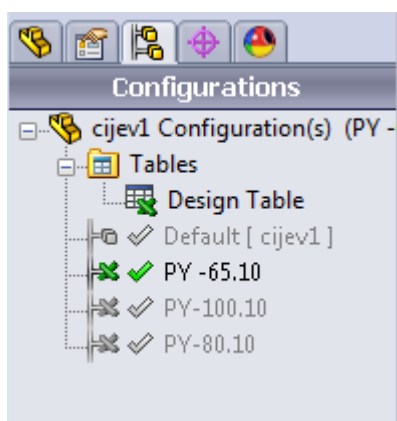
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|--------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Design Table for: cijev1 | | | | | | | | |
| 2 | | Nagib@Sketch1 | Visina cijevi@Sketch1 | Promjer cijevi@Sketch2 | Debljina stijenke@Sketch2 | Promjer B/Z@Sketch3 | Udaljenost d@Sketch3 | Promjer provrta@Sketch4 | Visina provrta@Sketch4 |
| 3 | PY-100.10 | 45 | 202 | 139,7 | 3,6 | 69,85 | 65 | 107 | 65 |
| 4 | PY-80.10 | 45 | 216 | 114,3 | 3,6 | 57,15 | 65 | 91 | 65 |
| 5 | PY-65.10 | 45 | 175 | 114,3 | 3,6 | 57,15 | 65 | 77 | 65 |
| 6 | | | | | | | | | |

Slika 4.20 Prikaz tablice (eng. *Desing Table*) cijevi pročištača

U stupac A unose se imena konfiguracija, u ovom slučaju ponovno PY-80.10 te pripadajuće dimenzije očitane iz nacrtu, i PY-65.10 te njegove pripadajuće dimenzije. Sljedeći korak je klik miša bilo gdje na radnu površinu izvan tablice. Stvorile su se dvije nove konfiguracije. Slika 4.21. prikazuje cijev pročištača PY-80.10., a slika 4.22. prikazuje cijev pročištača PY-65.10.



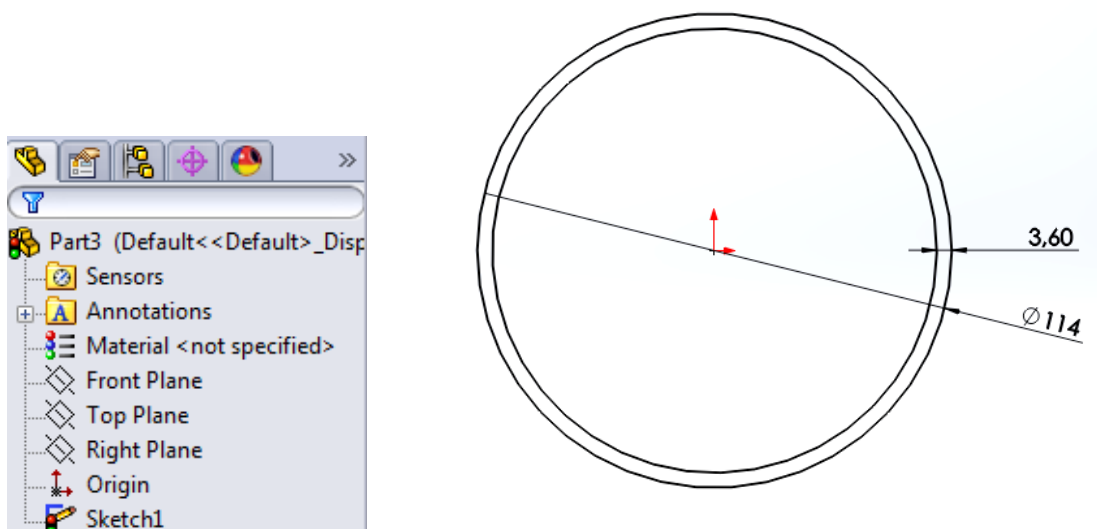
Slika 4.21 Gotov 3D model za cijev pročištača PY-80.10 temeljem konfiguracije (eng. *Configuration*) u modulu (eng. *Desing Table*)



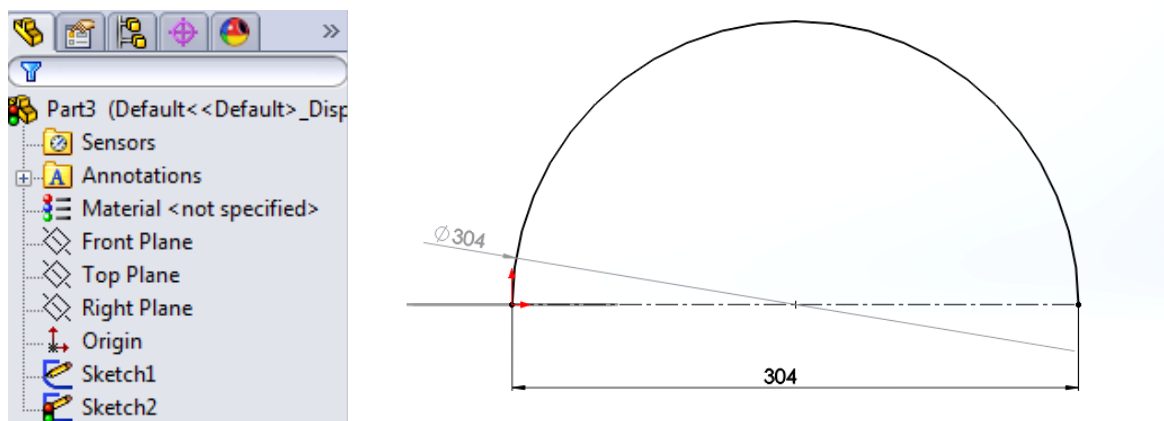
Slika 4.22 Gotov 3D model za cijev pročištača PY-65.10 temeljem konfiguracije (eng. *Configuration*) u modulu (eng. *Desing Table*)

4.5 Izrada 3D modela cijevnog luka pročistača PY-100.10

Postupak izrade 3D modela cijevnog luka započinje izradom dviju kružnica $\varnothing 114$ mm i $\varnothing 106,8$ mm tako da debljina stijenke iznosi 3,6 mm (slika 4.23).

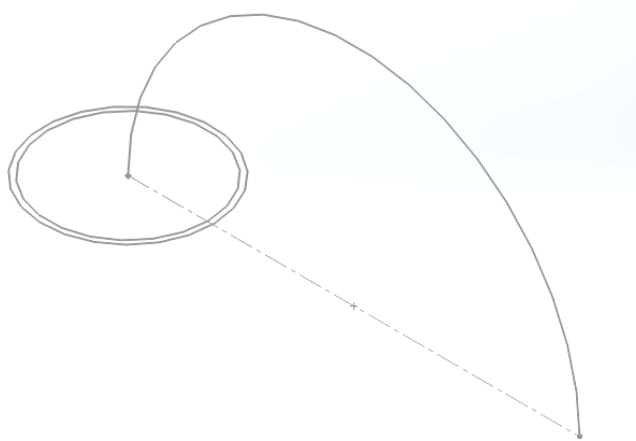
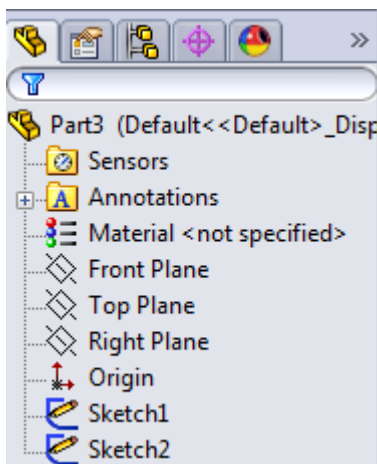


Slika 4.23 Izrada prve skice cijevnog luka pročistača PY-100.10

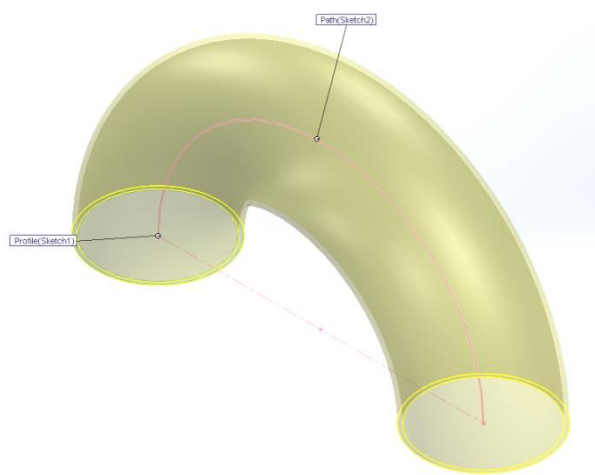
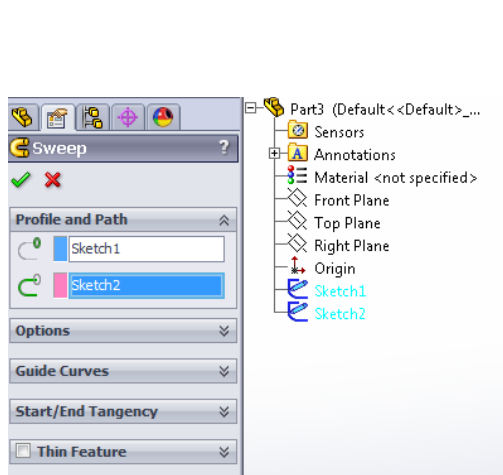


Slika 4.24 Izrada druge skice kružnog luka promjera $\varnothing 304$ mm pročistača PY-100.10

Sljedeći korak je izrada nove skice (eng. *Front plane*) kružnog luka promjera $\varnothing 304$ mm (slika 4.24), bitno je naglasiti kako se početak kružnog luka nalazi u središtu kružnice prve skice (eng. *Sketch*), (slika 4.25).



Slika 4.25 Gotova skica-1 i skica-2 za izradu cijevnog luka pročistača PY-100.10

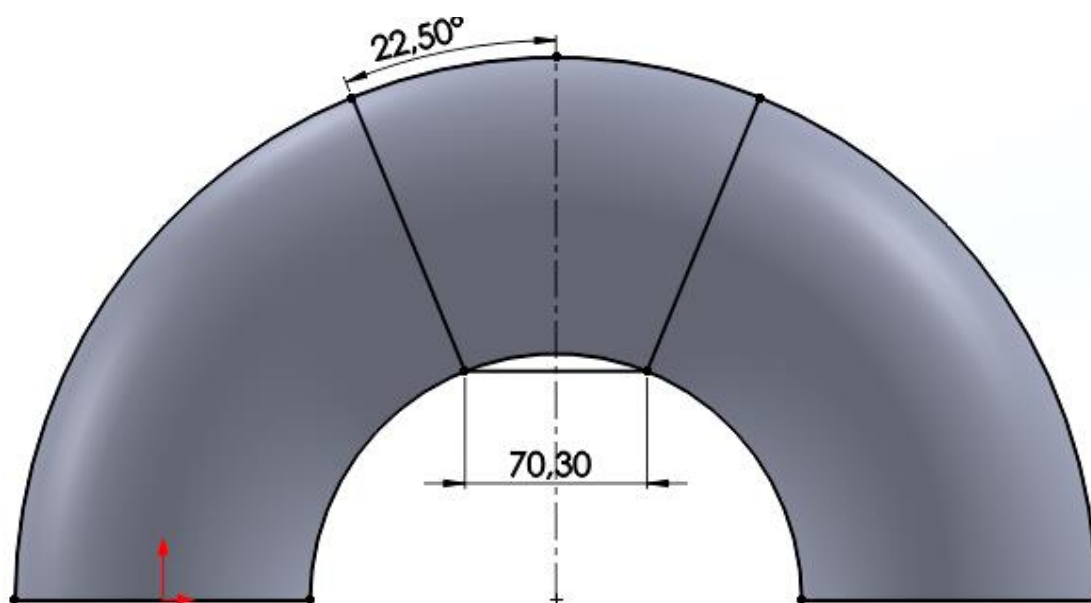


Slika 4.26 Korištenje značajke (eng. *Sweep*)

Zatim sa alatne trake odabiremo značajku dodavanja materijala prema skici (eng. *Sweep*). Sa desne strane otvara se prozor , te se odabire skica gdje se dodaje materijal, a nakon toga skica koja pokazuje smjer dodavanja materijala. U ovom primjeru za dodavanje materijala su odabrane kružnice iz prve skice, a za liniju koju prati dodavanje materijala kružni luk. *Solidworks* automatski prikazuje kako će cijevni luk izgledati te ukoliko je korisnik zadovoljan, potrebno je odabrati potvrdnu kvačicu. Kako izgleda gotov 3D model cijevnog luka pročistača PY-100.10 prikazuje slika 4.27.

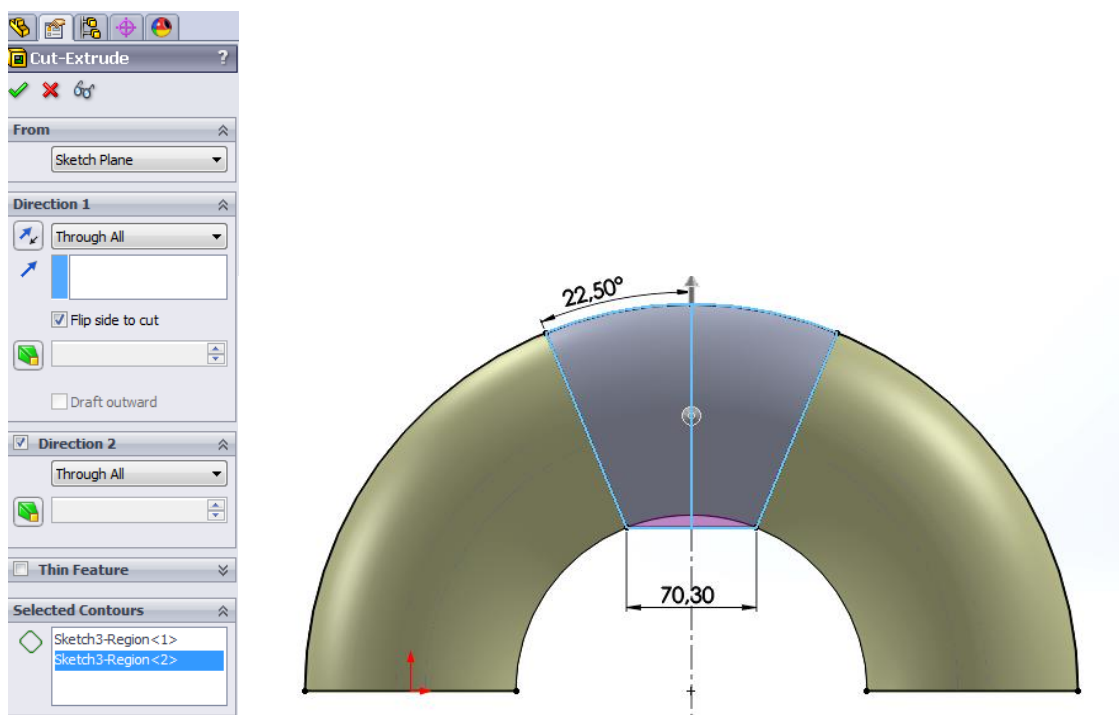


Slika 4.27 Gotov 3D model cijevnog luka pročistača PY-100.10

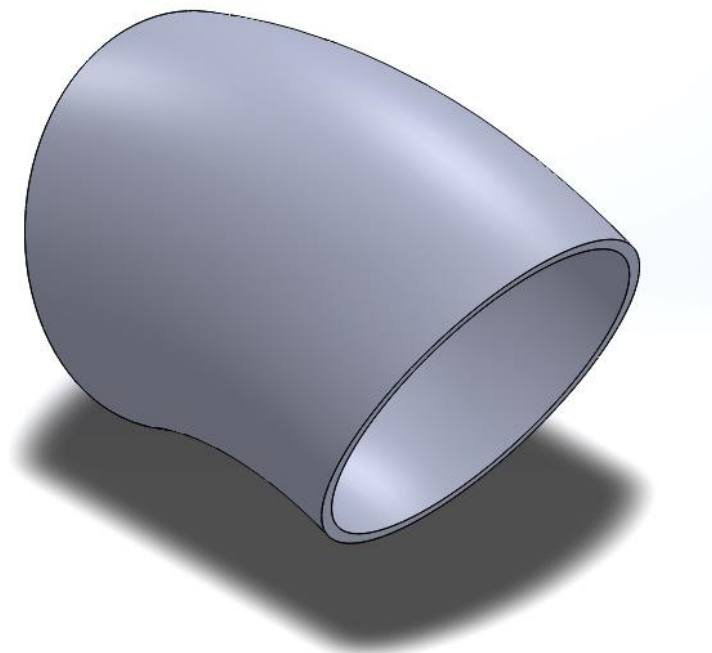


Slika 4.28 „Finalni“ 3D model cijevnog luka pročistača PY-100.10

Kako bi se dobio cijevni luk, potrebno je očitati vrijednosti dimenzija iz postojećih 2D nacрта. Cijevni luk odrezan je pod kutom 45° , dok razmak najnižeg dijela luka iznosi 70.3 mm (slika 4.28.). Značajkom oduzimanja materijala (eng. *Extruded Cut*) potrebno je zadržati središnji dio luka, a vanjski odstraniti. U tom slučaju potrebno je na otvorenom prozoru označiti kvačicom „odreži obrnuto“ (eng. *Flip side to cut*) i potvrditi značajku (slika 4.29). Slika 4.30. prikazuje kako izgleda gotov finalni oblik cijevnog luka pročištača PY 100.10.



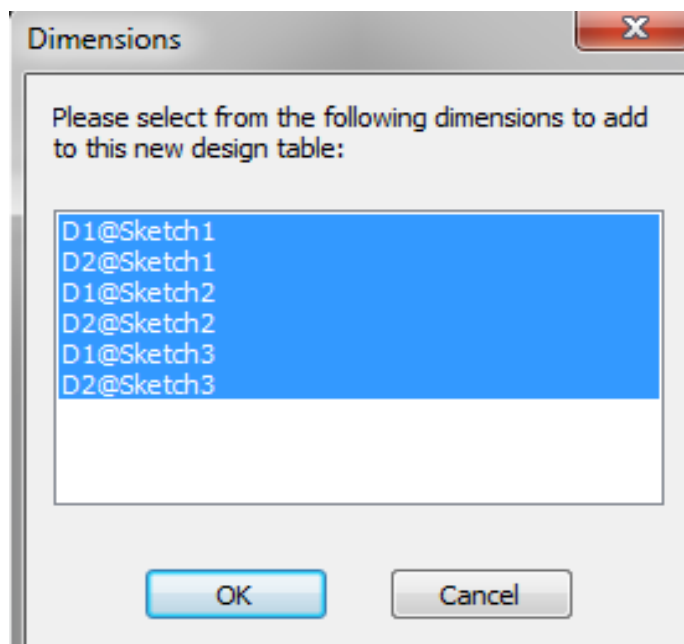
Slika 4.29 Korištenjem značajke oduzimanja materijala (eng. Extruded Cut) za izradu finalnog 3D modela cijevnog luka pročištača PY-100.10



Slika 4.30 Gotov finalni 3D model cijevnog luka pročistača PY-100.10

4.6 Generiranje familije proizvoda cijevnog luka pročistača PY-80.10 i PY-65.10

Generiranje familije proizvoda cijevnog luka pročistača PY-80.10 i PY-65.10 dobiva se na isti način kao i u prijašnjim primjerima. Prvi korak je stvaranje tablice, drugi korak je dodavanje dimenzija u tablicu (slika 4.31 i slika 4.32).

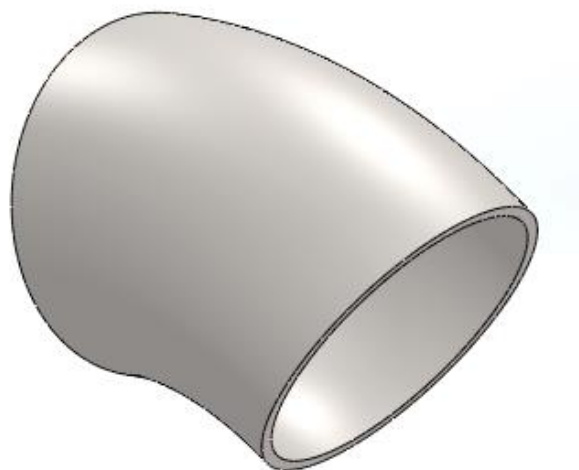
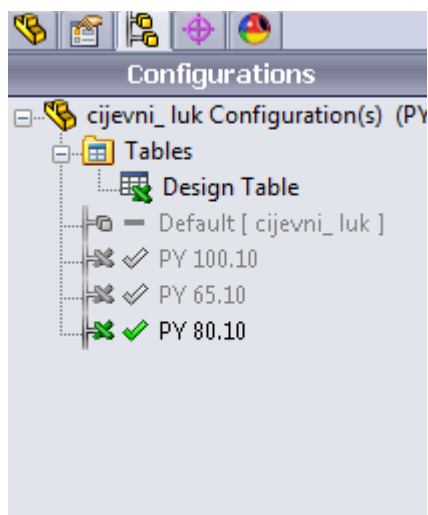


Slika 4.31 Prikaz prozora sa dimenzijama

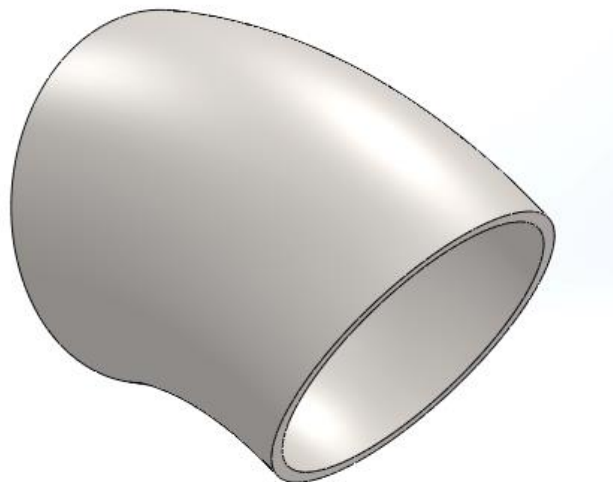
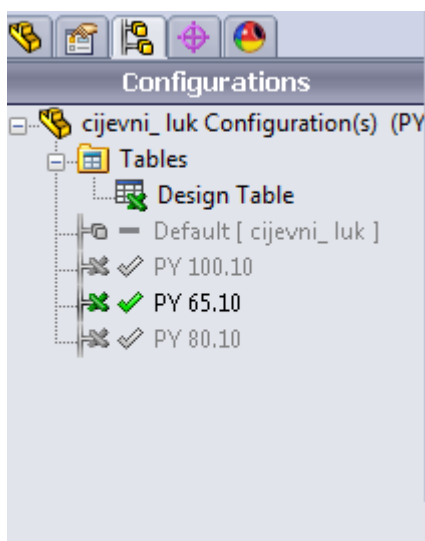
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|-------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Design Table for: Part1 | | | | | | | |
| 2 | | PromjerD1@Sketch1 | Debljina stijenke@Sketch1 | PromjerD2@Sketch2 | UdaljenostD1@Sketch3 | Nagib kuta@Sketch3 | D3@Cut-Extrude1 | D4@Cut-Extrude1 |
| 3 | PY 100.10 | 114,3 | 3,6 | 304 | 70,3 | 22,5 | 10 | 10 |
| 4 | PY 80.10 | 91 | 3,2 | 228 | 53,6 | 22,5 | 10 | 10 |
| 5 | PY 65.10 | 76,1 | 2,9 | 190 | 45,8 | 22,5 | 10 | 10 |
| 6 | | | | | | | | |

Slika 4.32 Prikaz tablice za stvaranje konfiguracije cijevnog luka pročistača PY-80.10 i PY-65.10

Treći korak je dodavanja imena konfiguracija u tablicu i odgovarajućih mjera (slika 4.32.) Stvaranjem tablice automatski se stvaraju i željene konfiguracije. U ovom slučaju to su PY- 80.10 i PY- 65.10. Slika 4.33. prikazuje konfiguraciju cijevnog luka PY-80.10, dok slika 4.34. prikazuje konfiguraciju cijevnog luka PY-65.10.

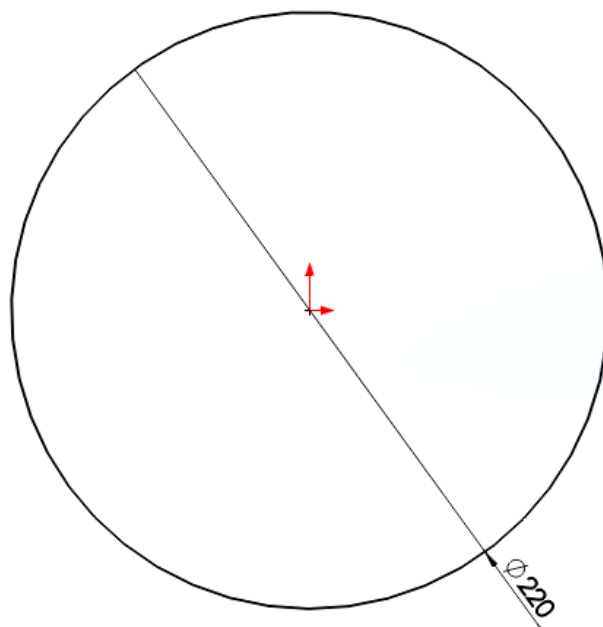
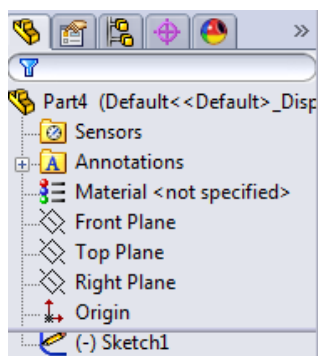


Slika 4.33 Prikaz konfiguracije cijevnog luka pročistača PY-80.10



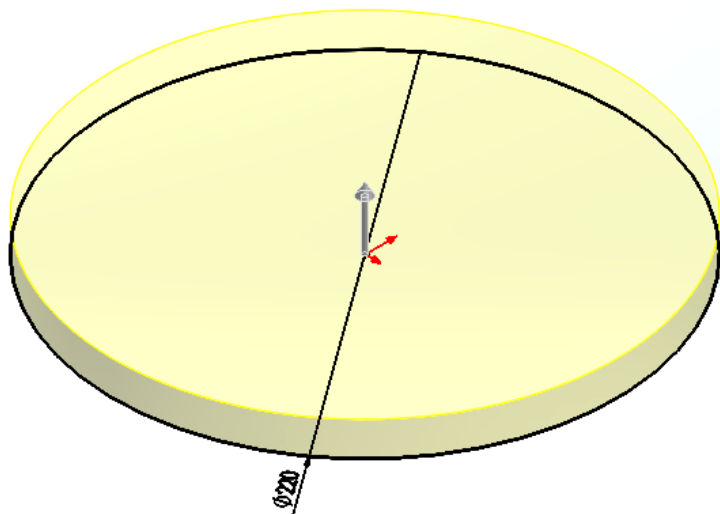
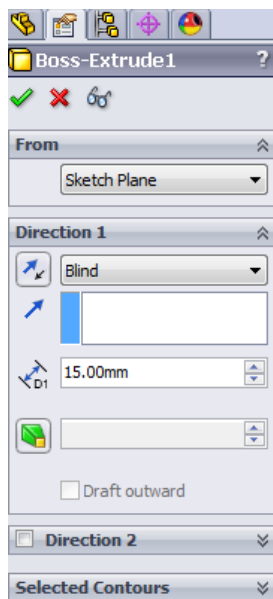
Slika 4.34 Prikaz konfiguracije cijevnog luka pročištača PY-65.10

4.7 Izrada 3D modela prirubnice pročištača PY-100.10



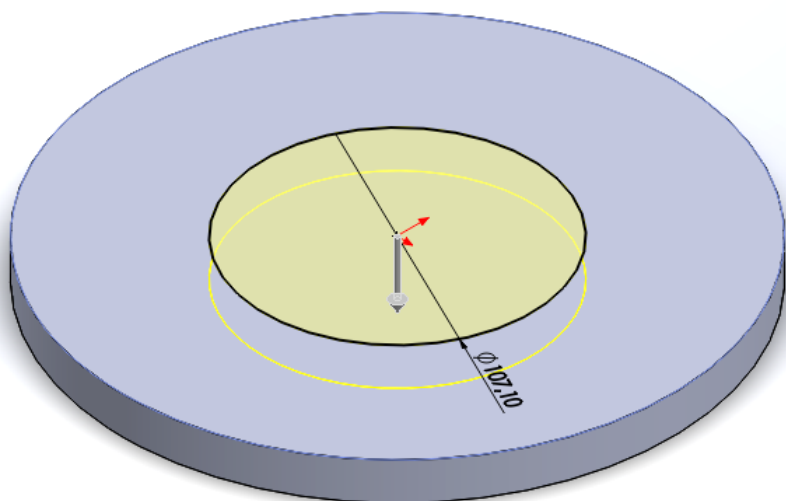
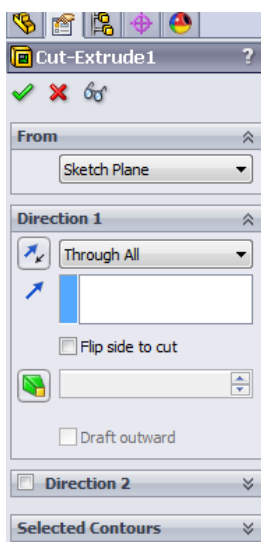
Slika 4.35 Izrada skice (eng. Sketch) prirubnice pročištača PY-100.10

Modeliranje prirubnice započinje skicom (eng. *Sketch*) kružnice promjera Ø220 mm (slika 4.35.). Sljedeći korak je dodavanje materijala na skicu. Klikom na dodavanje materijala (eng. *Extruded Boss/Base*) unosimo željenu vrijednost debljine prirubnice od 15mm (slika 4.36.).



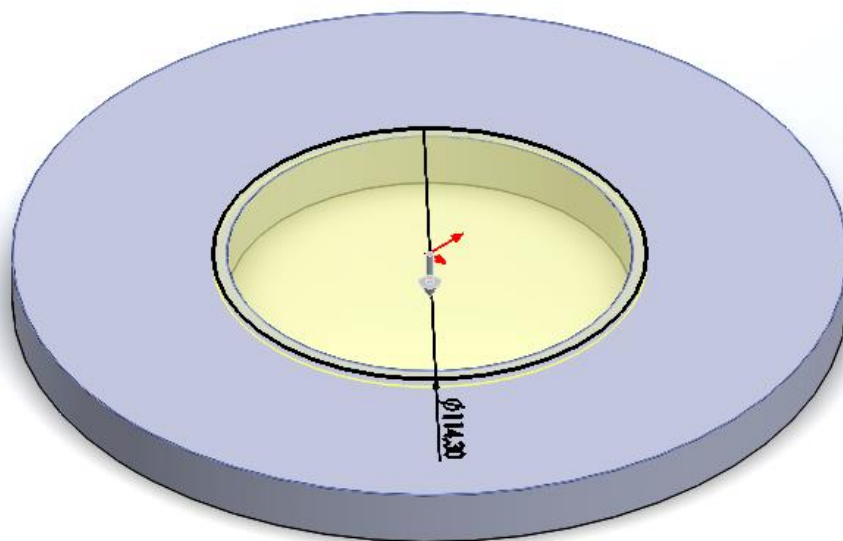
Slika 4.36 Dodavanje materijala na skicu (eng. *Extruded Boss/Base*) prirubnice pročištača PY-100.10

Nakon dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/Base*), potrebno je kreirati provrt na sedištu prirubnice čiji promjer iznosi $\varnothing 107,1$ mm. Oduzimanje materijala (eng. *Extruded Cut*) provodi se kroz cijeli volumen prirubnice (slika 4.37.).

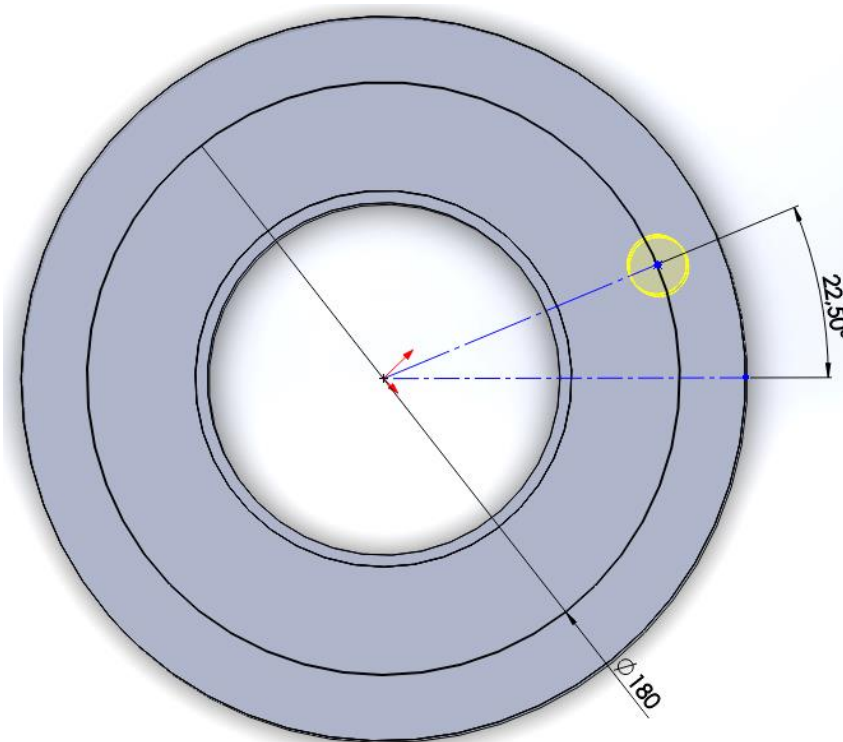


Slika 4.37 Oduzimanje materijala (eng. *Extruded Cut*) kroz cijeli volumen prirubnice

Na poklopcu se nalazi utor u koji dolazi filter. Utor se dobiva tako da se oduzme materijal (eng. *Extruded Cut*) iz sedišta kružnice u dubinu 2,5 mm, dok promjer utora iznosi $\varnothing 114,3$ mm (slika 4.38.).

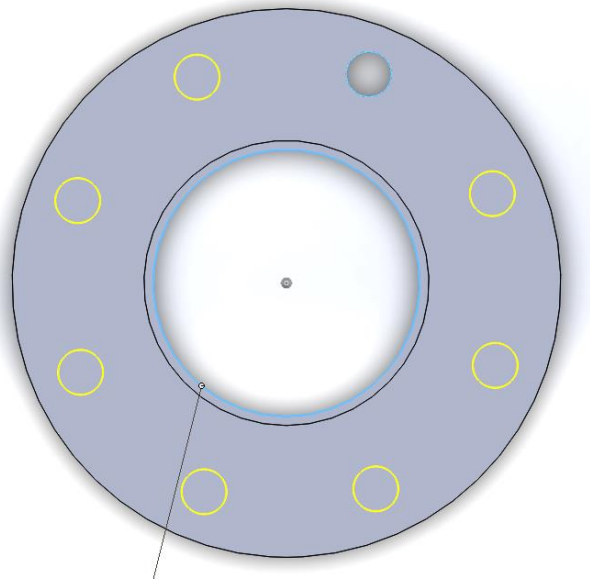
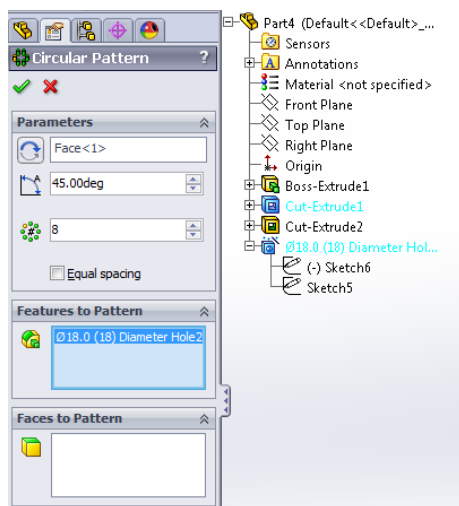


Slika 4.38 Oduzimanje materijala (eng. *Extruded Cut*) zbog stvaranja utora na prirubnici
Zatim su izrađeni provrti za vijke promjera $\varnothing 18$ mm. Izrada provrta provodi se pomoću „čarobnjaka“ za izradu provrta (eng. *Hole Wizard*), (slika 4.39).



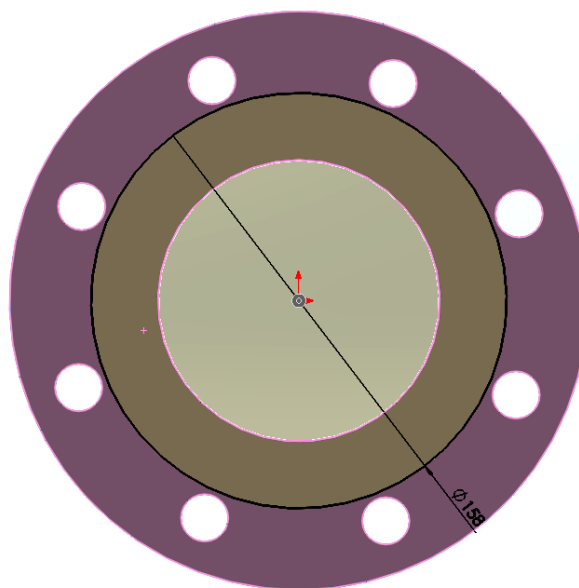
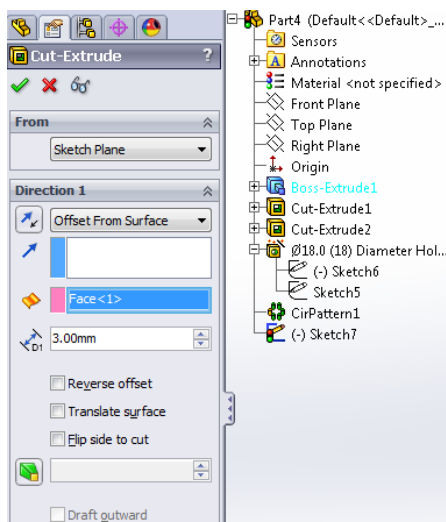
Slika 4.39 Dodavanje provrta na prirubnicu pomoću čarobnjaka za izradu provrta (eng. *Hole Wizard*)

Na poklopcu je potrebno izraditi 8 provrta promjera Ø18 mm. Izrađen je jedan provrt te pomoću funkcije „kružnog uzorka“ (eng. *Circular Pattern*) dobivaju se preostali provrti. Pritiskom na funkciju otvara se prozor gdje se unosi skica oko koje je potrebno napraviti provrte, zatim nagib između provrta, u ovom slučaju iznosi 45° te broj rupa – 8 (slika 4.40).

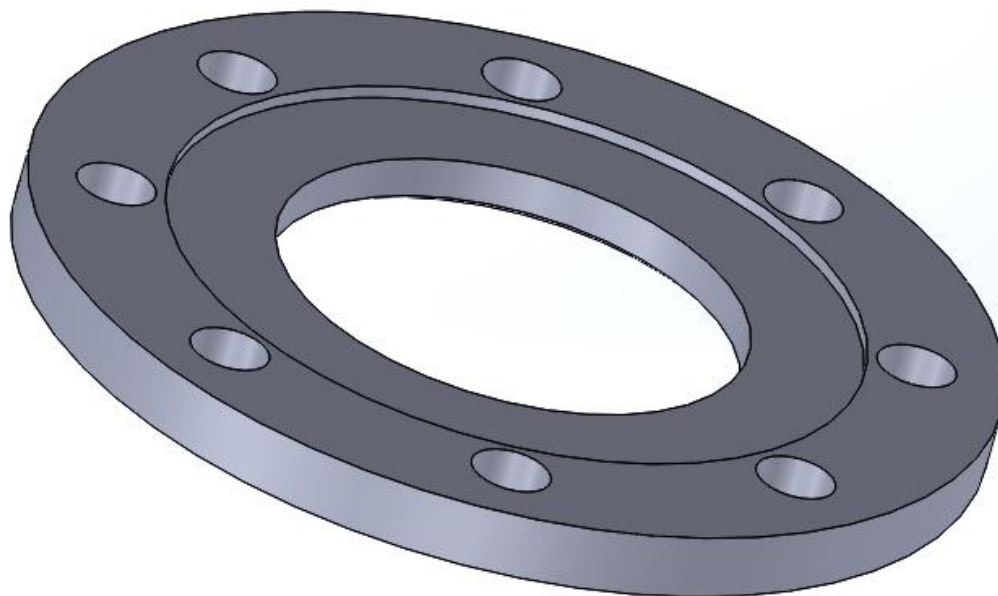


Slika 4.40 Dodavanje preostalih provrta pomoću značajke „kružni uzorak“ (eng. *Circular Pattern*)

Dodavanje novog provrta vrši se pomoću dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/Base*). Dodatan provrt ima promjer Ø158 i udubljenje od 3 mm. U tom dijelu priubnica se spaja na sustav cjevovoda (slika 4.41).



Slika 4.41 Dodavanje novog provrta sa suprotne strane priubnice



Slika 4.42 Gotov 3D model prirubnice pročištača PY-100.10

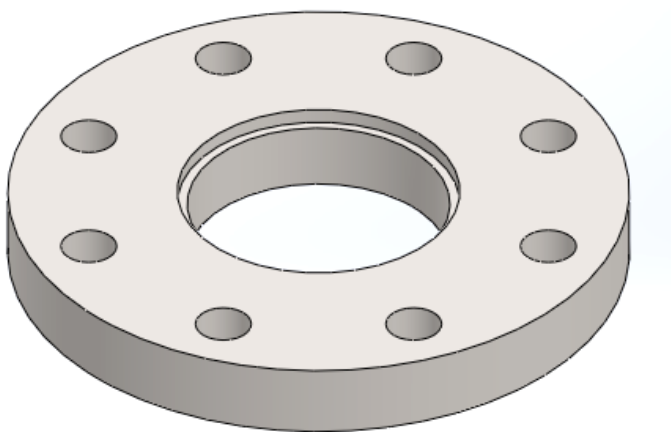
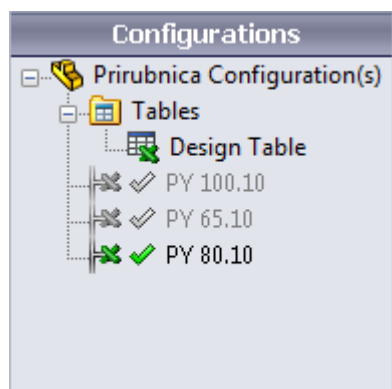
4.8 Generiranje familije proizvoda prirubnice pročištača PY-80.10 i PY-65.10

Generiranje familije proizvoda vrši se standardnim postupkom. Prvi korak je ponovno stvaranje tablice . Klikom miša na umetanje (eng. *Insert*), zatim tablica (eng. *Table*) i „kreiraj tablicu“ (eng. *Design Table*). Otvaranjem tablice potrebno je dodati željene konfiguracije, u ovom slučaju PY- 80.10 i PY- 65.10 te odgovarajuće dimenzije očitane iz postojećeg 2D nacrtu (slika 4.43.).

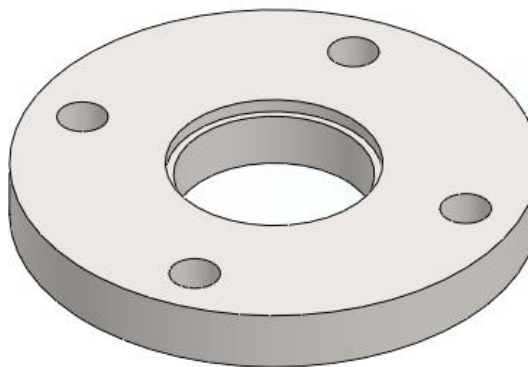
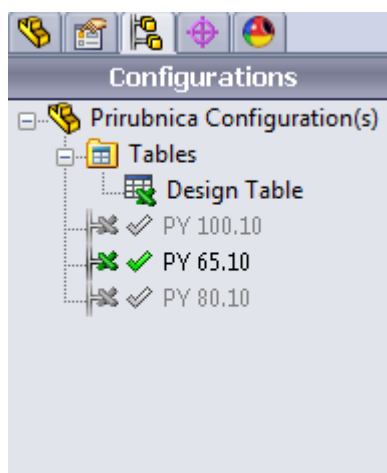
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|---|------------------------------|------------------|------------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Design Table for: Prirubnica | | | | | | | | | | |
| 2 | | Promjer1@Sketch1 | Debljina@Boss-Extrude1 | Provrt d@Sketch2 | Visina1@Cut-Extrude2 | Promjer2@CirPattern1 | Broj provrta@CirPattern1 | Promjer3@Sketch8 | Visina2@Boss-Extrude2 | Promjer4@3DSketch2 | Promjer5@Sketch3 |
| 3 | PY 100.10 | 220 | 25 | 107 | 2,5 | 360 | 8 | 158 | 3 | 180 | 114 |
| 4 | PY 80.10 | 200 | 24 | 85 | 5 | 360 | 8 | 138 | 3 | 160 | 91 |
| 5 | PY 65.10 | 185 | 22 | 70 | 5 | 360 | 4 | 122 | 3 | 145 | 76 |
| 6 | | | | | | | | | | | |

Slika 4.43 Prikaz tablice za familije proizvoda prirubnice pročištača PY-80.10 i PY-65.10

Slika 4.44. i slika 4.45 pokazuju gotove modele konfiguracije prirubnice PY-80.10 i PY-65.10. U ovih nekoliko poglavlja prikazano je modeliranje „zanimljivijih“ dijelova pročistača PY 100.10. i njihove konfiguracije PY-80.10 i PY-65.



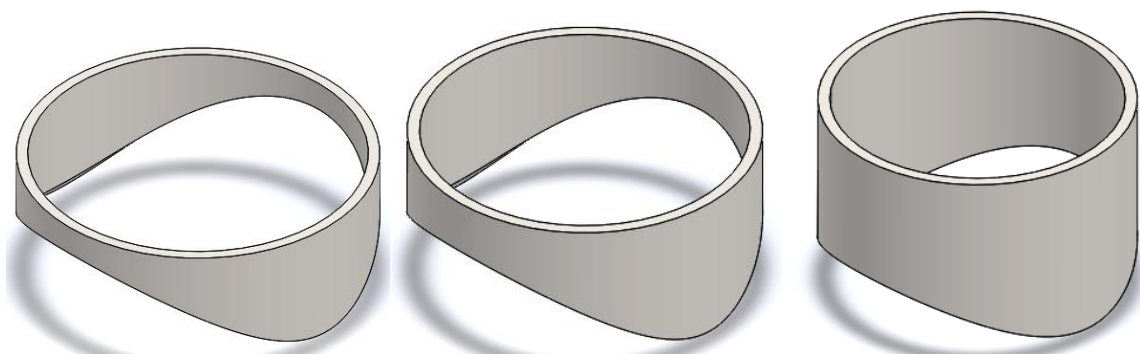
Slika 4.44 Prikaz konfiguracije prirubnice PY-80.10



Slika 4.45 Prikaz konfiguracije prirubnice PY-65.10

4.9 Ostali dijelovi 3D sklopa pročištača PY 100.10 i njegove konfiguracije

Ostali dijelovi modela prikazani su u ovom poglavlju bez detaljnijeg opisa jer njihovo modeliranje ne zahtjeva korištenje „posebnijih“ funkcija. Slika 4.46 prikazuje nastavak pročištača za sve tri konfiguracije. Kod modeliranja korištena je značajka dodavanja materijala (eng. *Extruded Boss/ Base*) i oduzimanja materijala (eng. *Extruded Cut*). Isto se odnosi za dno pročištača i nastavak za cijevni luk. Kod nastavka za cijevni luk imamo samo dvije konfiguracije PY-80.10 i PY-65.10, za pročištač PY-100.10 on nije potreban.



Slika 4.46 Nastavak pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10

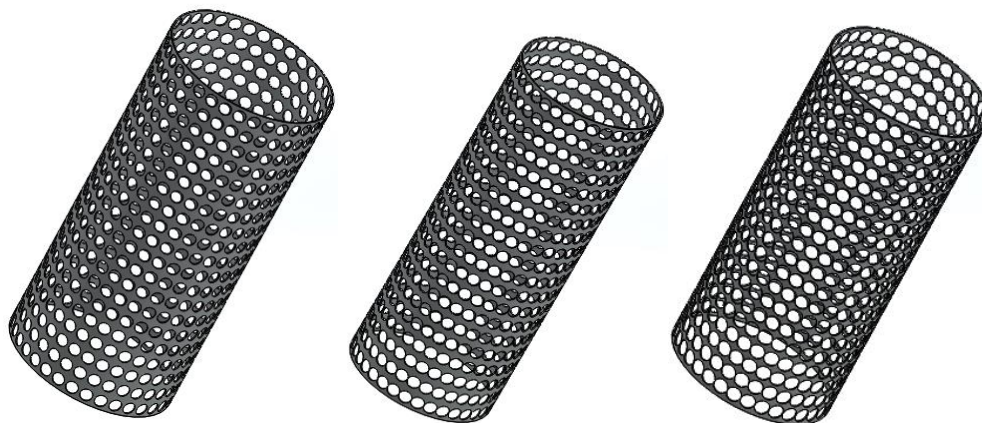


Slika 4.47 Dno pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10



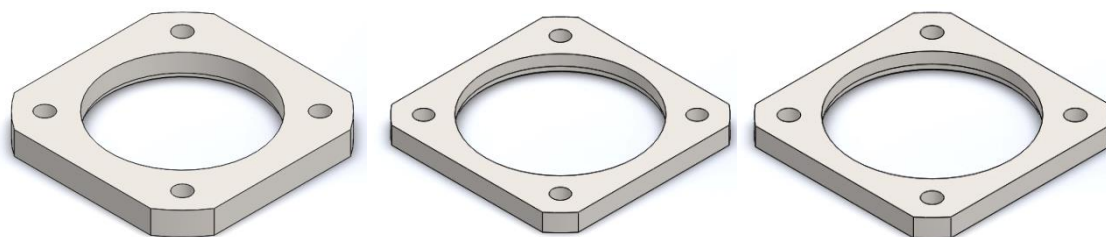
Slika 4.48 Nastavak za cijevni luk pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10

Filtracioni element modeliran je dodavanjem materijala (eng. *Extruded Boss/Base*) te stvaranjem provrta promjera Ø 8mm. Korišten je također „kružni uzorak“ (eng. Circular Pattern) kroz cijelu površinu elementa.



Slika 4.49 Filtracioni element pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10

Prirub i brtva pročištača isto su modelirani dodavanjem materijala (eng. *Extruded Boss/Base*) i oduzimanjem materijala (eng. *Extruded Cut*) kako bi se stvorili provrti za vijke (slika 4.50. i slika 4.51.)



Slika 4.50 Prirub pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10

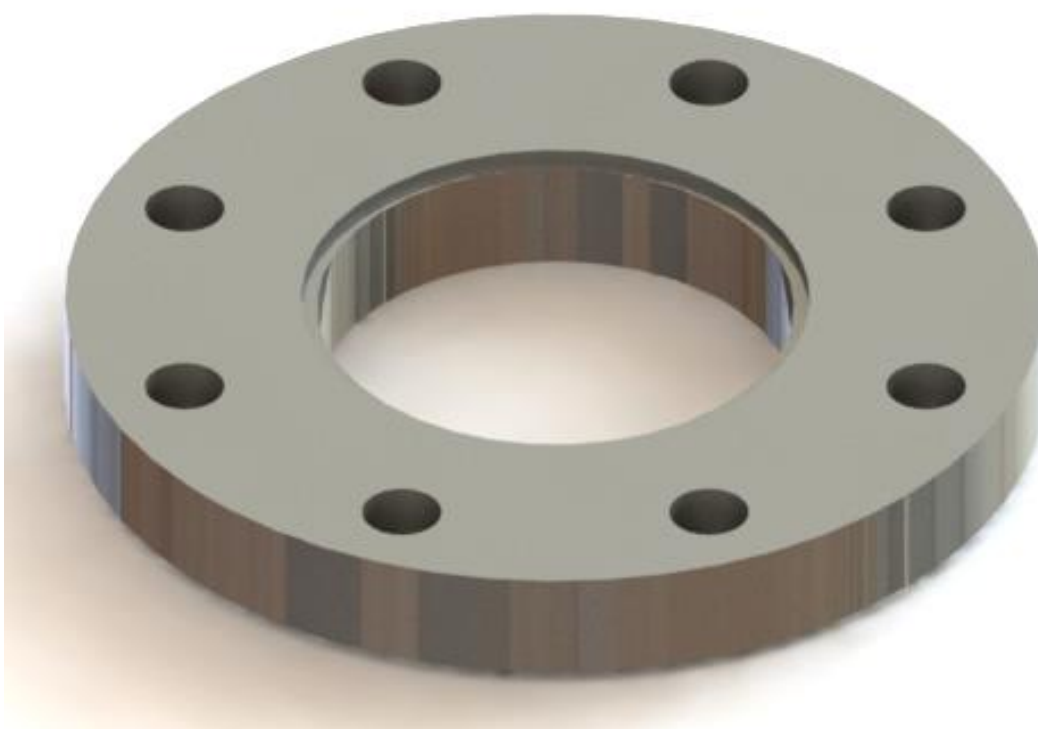


Slika 4.51 Brtva pročištača PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10

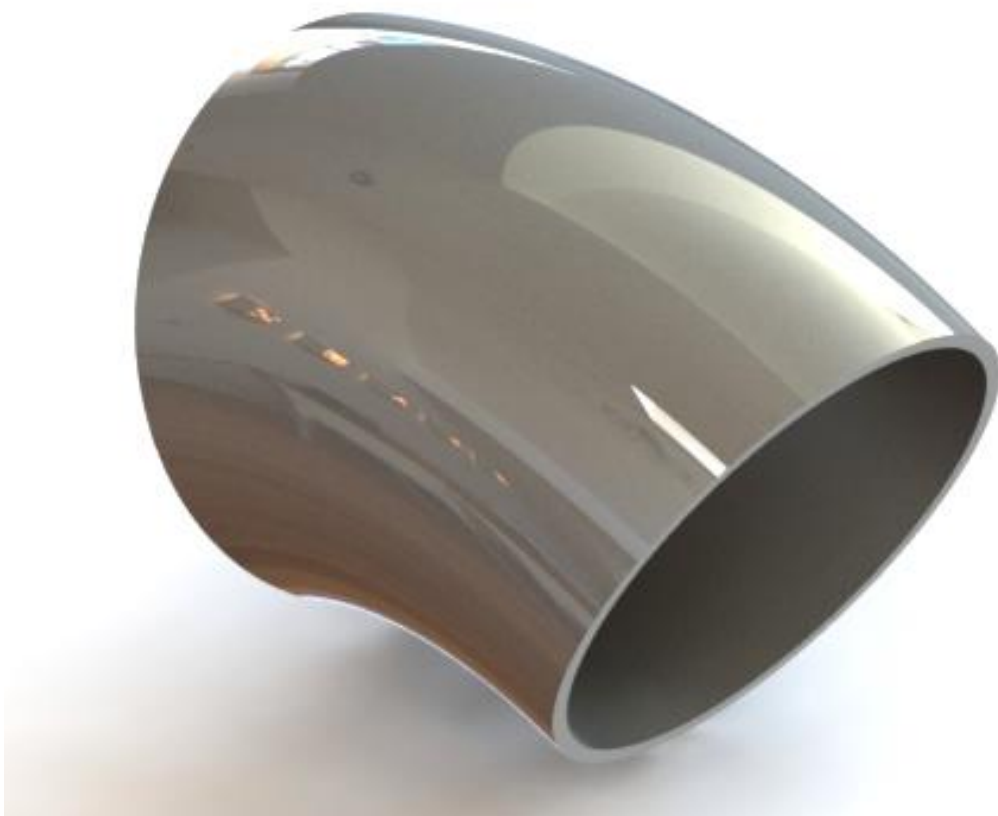
4.10 Renderirani prikaz dijelova pročištača PY-100.10

Foto-realistični prikaz renderiranih fotografija omogućuje programski alat *Photoview 360°*. Programski alat omogućuje korisniku odabir boja, tekstura materijala (eng. *Edit Appearance*) i pozadine (eng. *Edit Scene*) za željeni 3D model. Završno renderiranje (eng. *Final Render*) otvara se u novom prozoru koji omogućuje obradu, spremanje i ponovno učitavanje fotografije.

Sljedeći primjeri prikazat će dijelove (eng. *Part-ove*) pročištača PY- 100.10 sa značajkom završnog renderiranja u *transparent* prikazu.



Slika 4.52 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model priрубnice pročištača PY-100.10



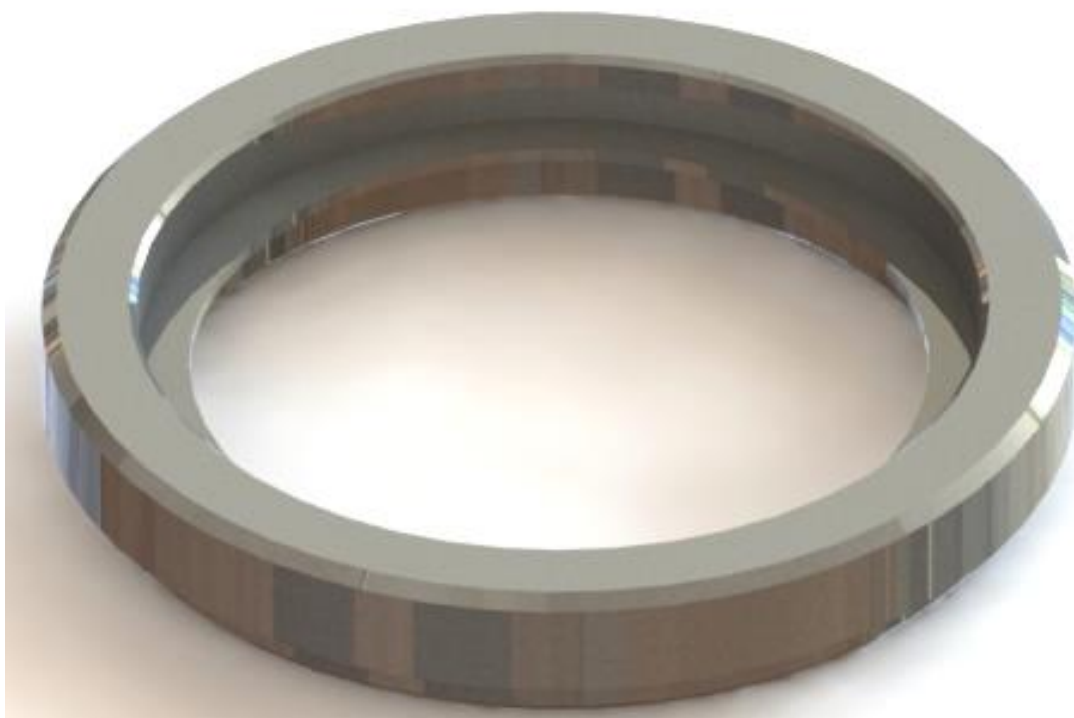
Slika 4.53 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model cijevnog luk pročištača PY-100.10



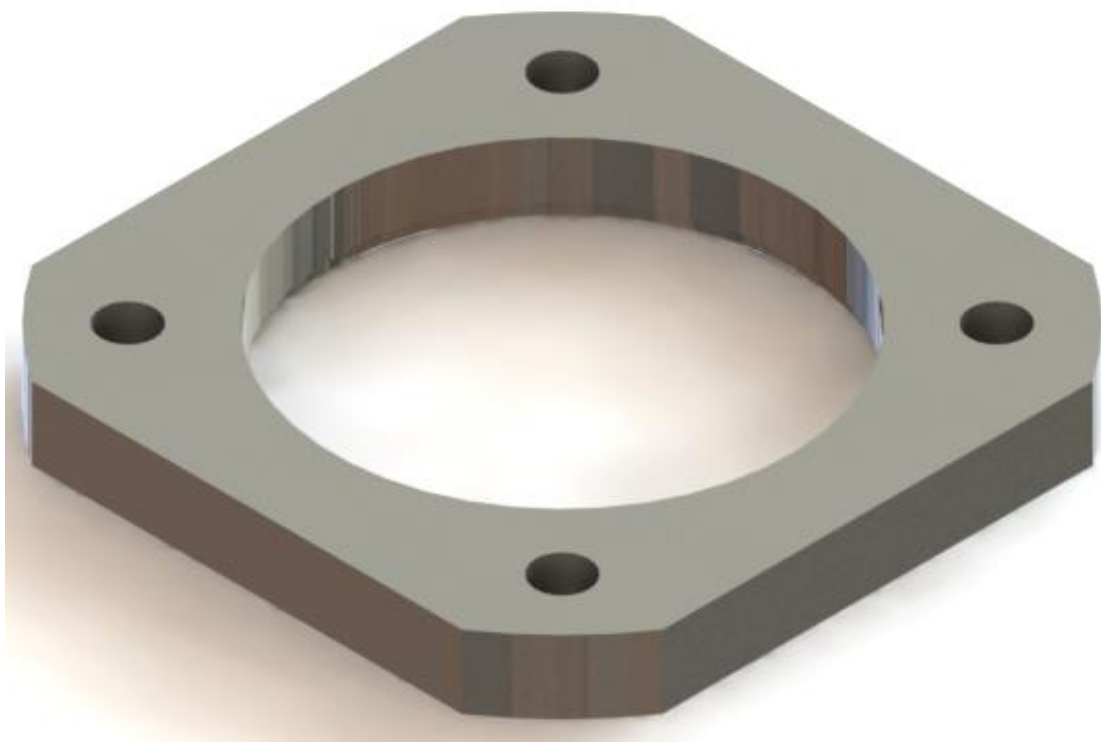
Slika 4.54 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model nastavka za cijev pročištača PY-100.10



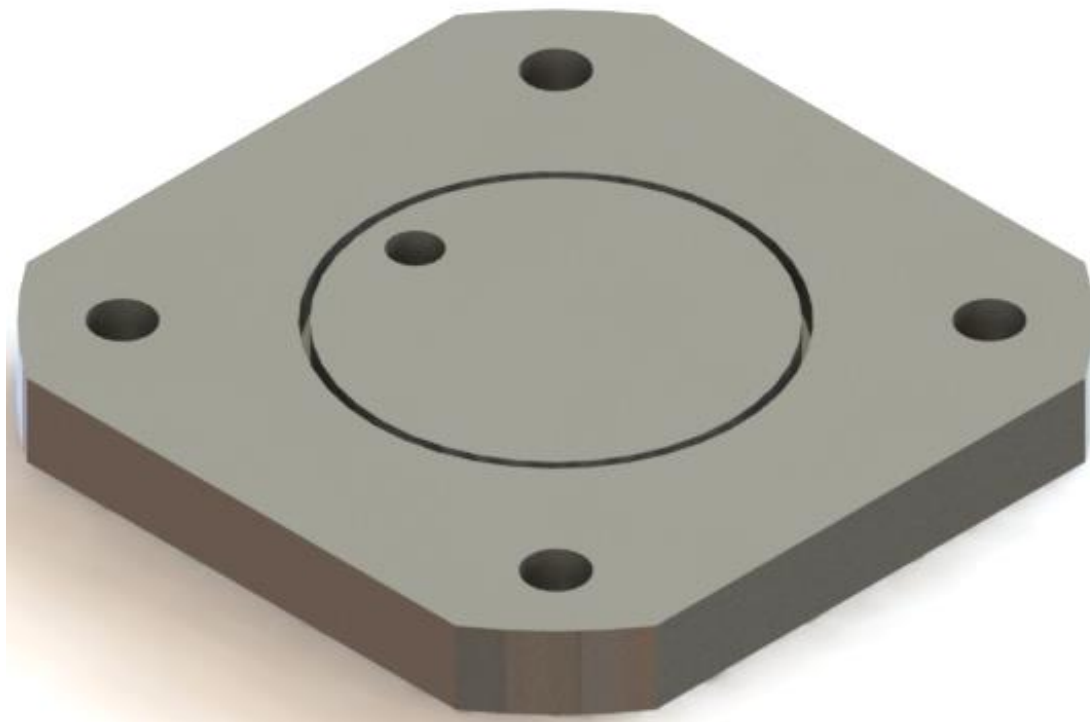
Slika 4.55 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model cijevi pročistača PY-100.10



Slika 4.56 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model dna pročistača PY-100.10



Slika 4.57 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model priruba pročištača PY-100.10



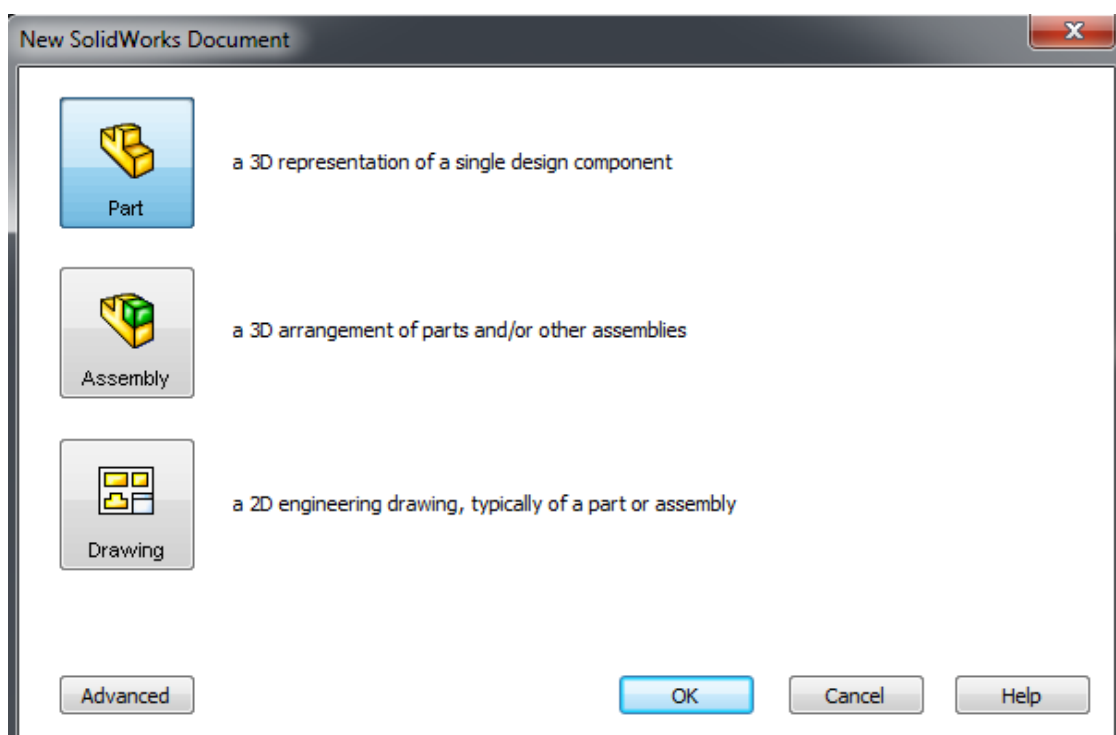
Slika 4.58 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model poklopca pročištača PY-100.10



Slika 4.59 Renderirani (foto-realističan) 3D transparent model brtve pročištača PY-100.10

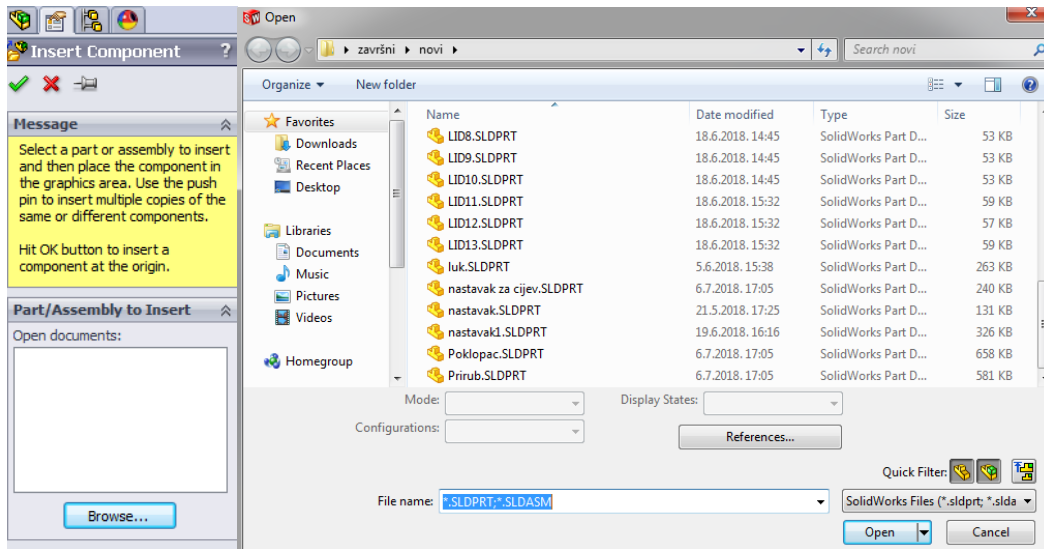
5. IZRADA 3D SKLOPA PROČISTAČA PY- 100.10 I GENERIRANJE NJEGOVIH KONFIGURACIJA PY- 80.10 I PY- 65.10

Nakon završene izrade 3D modela dijelova (eng. *Part-ova*) izrađuje se sklop (eng. *Assembly*) pročišćača PY- 100.10 u programskom alatu *SolidWorks*. Sklop se izrađuje odabirom opcije za izradu sklopa (eng. *Assembly*), (slika 5.1). Nakon toga slijedi dodavanje svih izrađenih pozicija te se značajkom spajanja (eng. *Mate*) sve pozicije spajaju u jednu cijelinu 3D sklopa pročišćača PY- 100.10).



Slika 5.1 Prikaz za odabir sklopa (eng. *Assembly*)

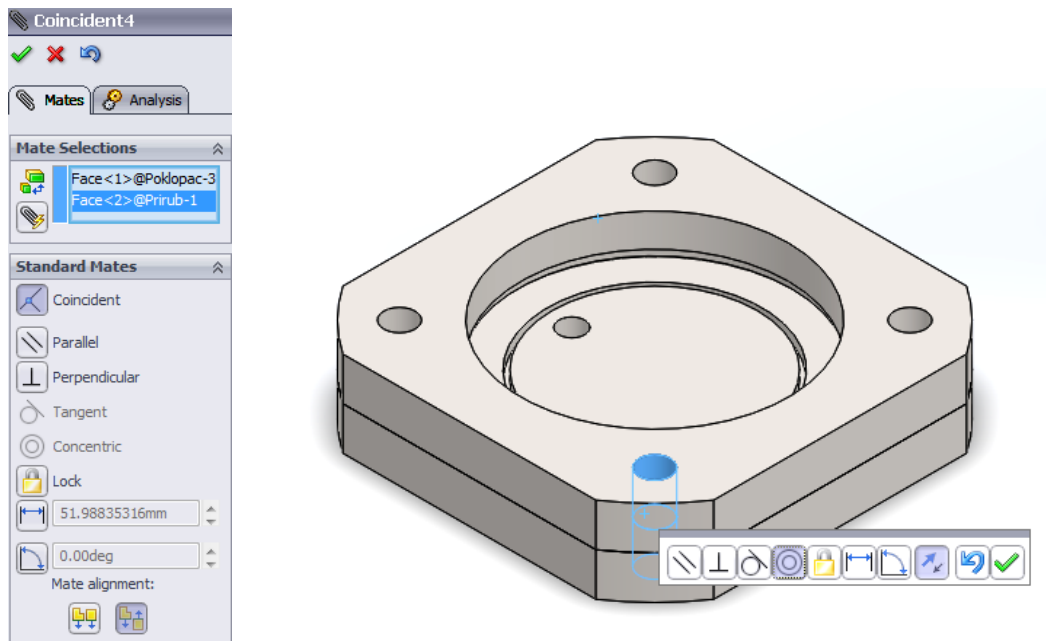
5.1 Izrada 3D sklopa pročištača PY-100.10



Slika 5.2 Prikaz za odabir dijela (eng.Part-a) prilikom stvaranja cjeline

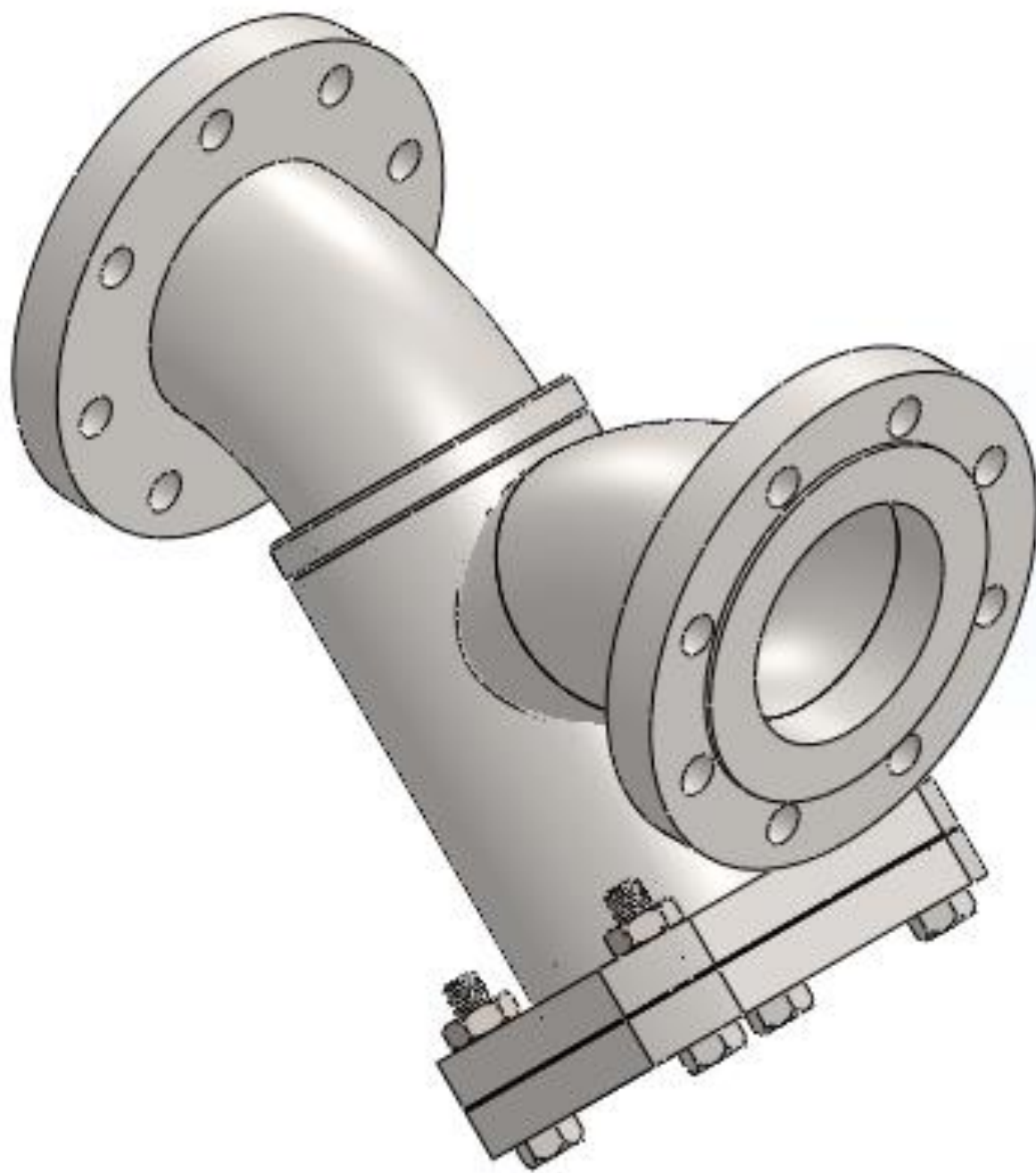
Detaljnije je objašnjen prvi korak spajanja poklopca pročištača i dna pročištača. Nakon što je učitani prvi dio 3D modela, a to je poklopac pročištača, potrebno je učitati i drugi dio - dno pročištača. Dodavanjem dna pročištača potrebno je spojiti dvije pozicije u cjelinu. Odabirom *spoji* (eng. *Mate*) otvara se „prozor“ gdje se odabire površina (eng. *Face*) jednog dijela i površina drugog dijela. Tada se na „prozoru“ prikazuje način povezivanja. U ovom primjeru to je „podudaranje“ (eng. *Coincident*) dviju odabranih površina (slika 5.3.).

U procesu kreiranja sklopa vrlo je važno „ispravno“ spojiti dijelove u jednu cjelinu. Potrebno je odabrati odgovarajuće veze između dijelova (eng. *Part-ova*) kako bi model funkcionirao prilikom daljnjeg rada; npr. kod simulacija.

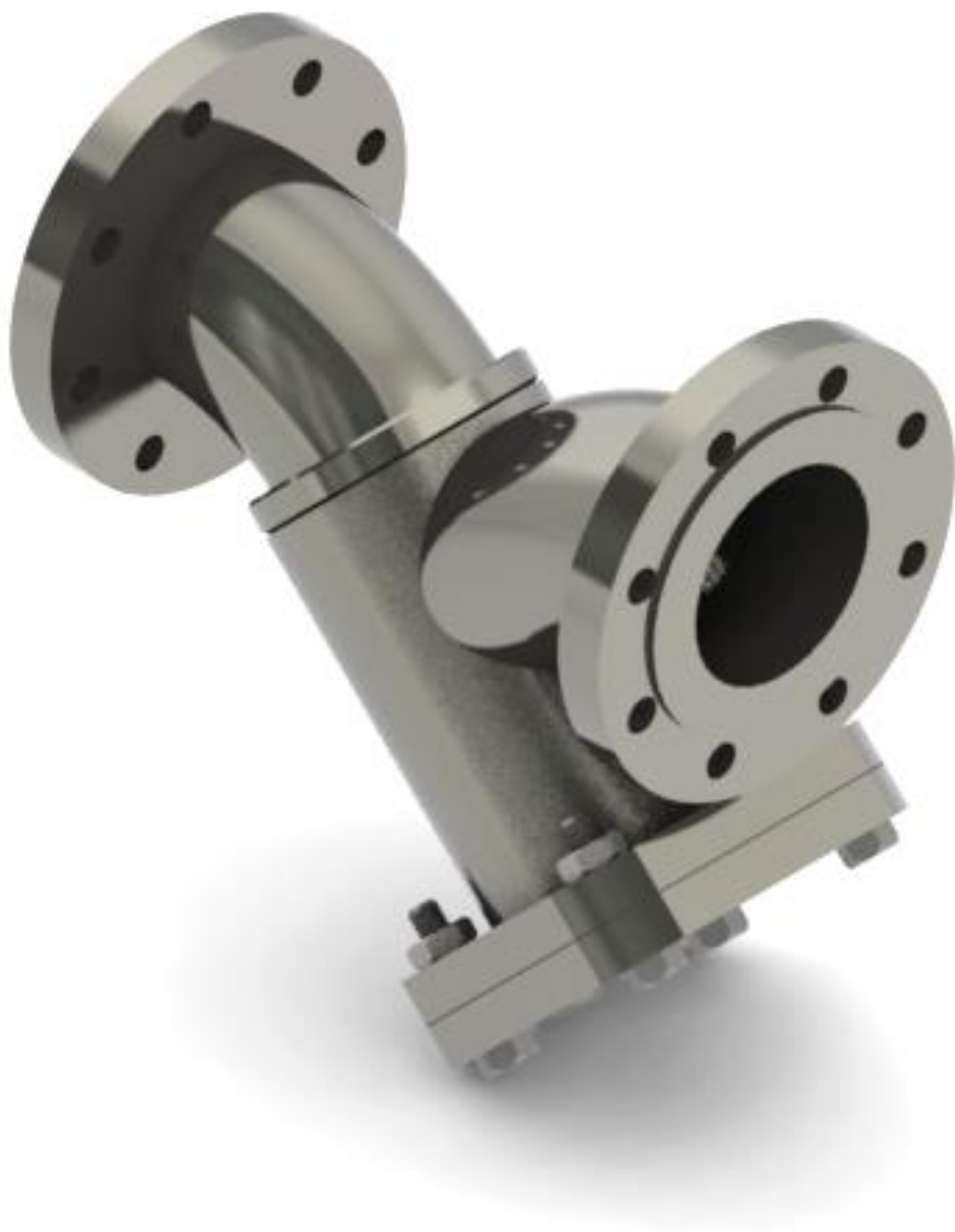


Slika 5.3 Prikaz „prozora“ za odabir površina i linija te veze između dvaju 3D modela

Slika 5.4. prikazuje gotov 3D model pročištača PY-100.10 u izometrijskom prikazu. Nakon izrade sklopa potrebno je provesti renderiranje (foto realističan prikaz) 3D modela. Nakon odabira materijala, dodaje se „render alat“ (eng. *Render Tool*) gdje se odabire materijal sklopa i izbor pozadine. Odabirom na završno renderiranje (eng. *Final Render*) dobiva se realistična slika pročištača. Ova značajka nudi spremanje slike, njeno dodatno uređivanje i ponovno učitavanje.



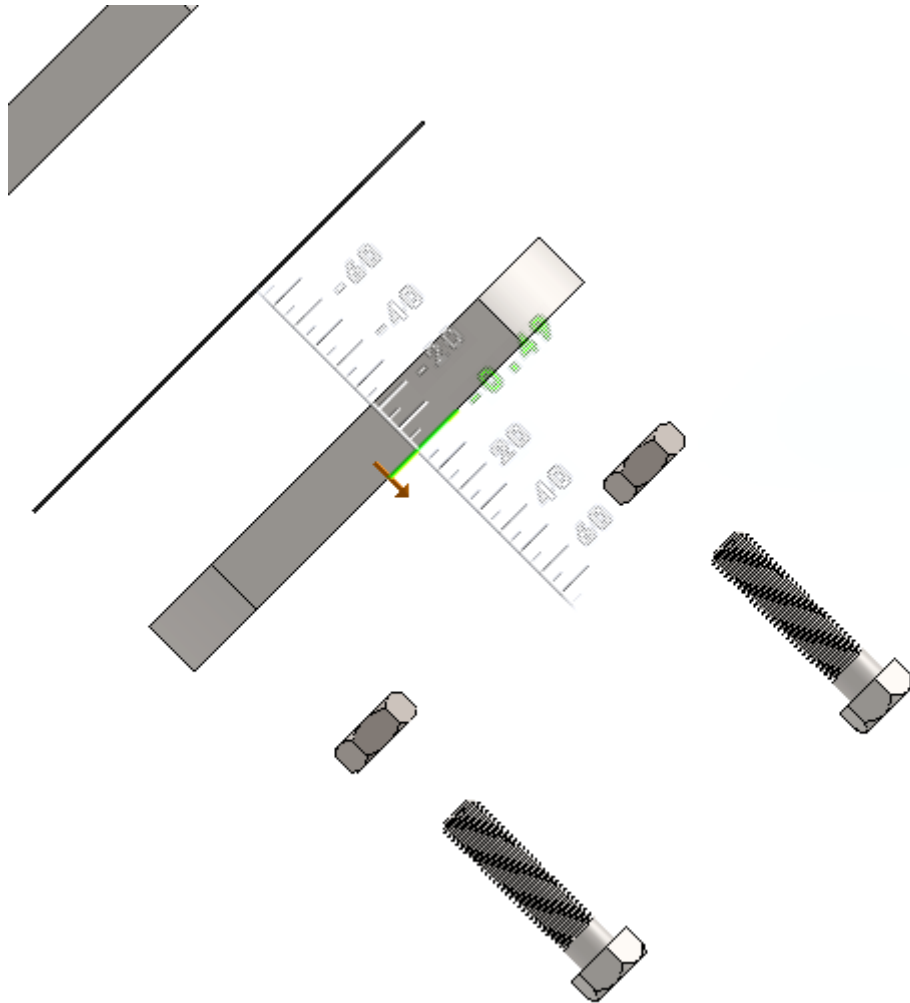
Slika 5.4 3D sklop pročištača PY-100.10



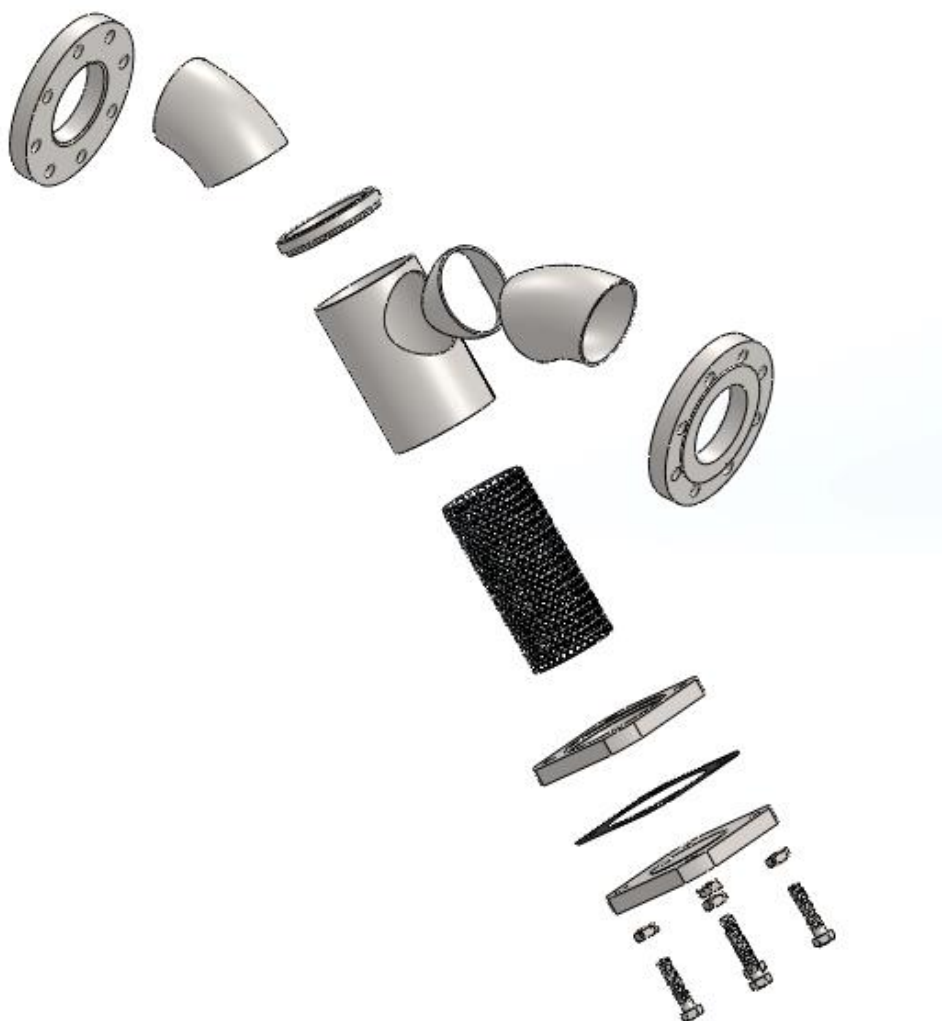
Slika 5.5 Renderirani prikaz (foto-realističan) pročištača PY-100.10

5.2 Animacija sklopa

Animacija sklopa u rastavljenom stanju prikazuje se značajkom (eng. *Exploded View*) programskim alatom *SolidWorks*. Izrada sklopa u rastavljenom stanju izrađuje se tako da se na sklopu pročištača PY-100.10 odabere dio ili više dijelova koji se po potrebi pomiču prema željenoj x, y ili z osi. Pri tome korisnik može odabrati udaljenost određenog dijela od ostalih dijelova (slika 5.6). Ovakav način rada upotrebljava se kod izrade 2D tehničke dokumentacije, montaže i kataloga rezervnih dijelova proizvoda.



Slika 5.6 Odabir udaljenosti poklopca od ostalih dijelova prilikom izrade sklopa u rastavljenom stanju



Slika 5.7 3D model pročištača u rastavljenom stanju PY-100.10

Pročištač PY-100.10 rastavljen je u trinaest (13) koraka. Većina dijelova zahtjevala je samostalan korak, dok su vijci i matice objedinjeni u istim koracima. Za ovakav jednostavniji sklop za izradu animacije korištena je funkcija animiranja (eng. *Animate Controller*) gdje programski alat *SolidWorks* automatski stvara animaciju. Odabirom te funkcije otvara se prozor gdje korisnik sam odabire kada želi pokrenuti animaciju, kojom brzinom se ona treba izvesti i u kojem smjeru želi da se dijelovi sklopa gibaju. Uz to moguće je animaciju pospremiti te pokretati video izvan programskog alata *SolidWorks*-a.



Slika 5.8 „Prozor koji se otvara prilikom kreiranja animacije

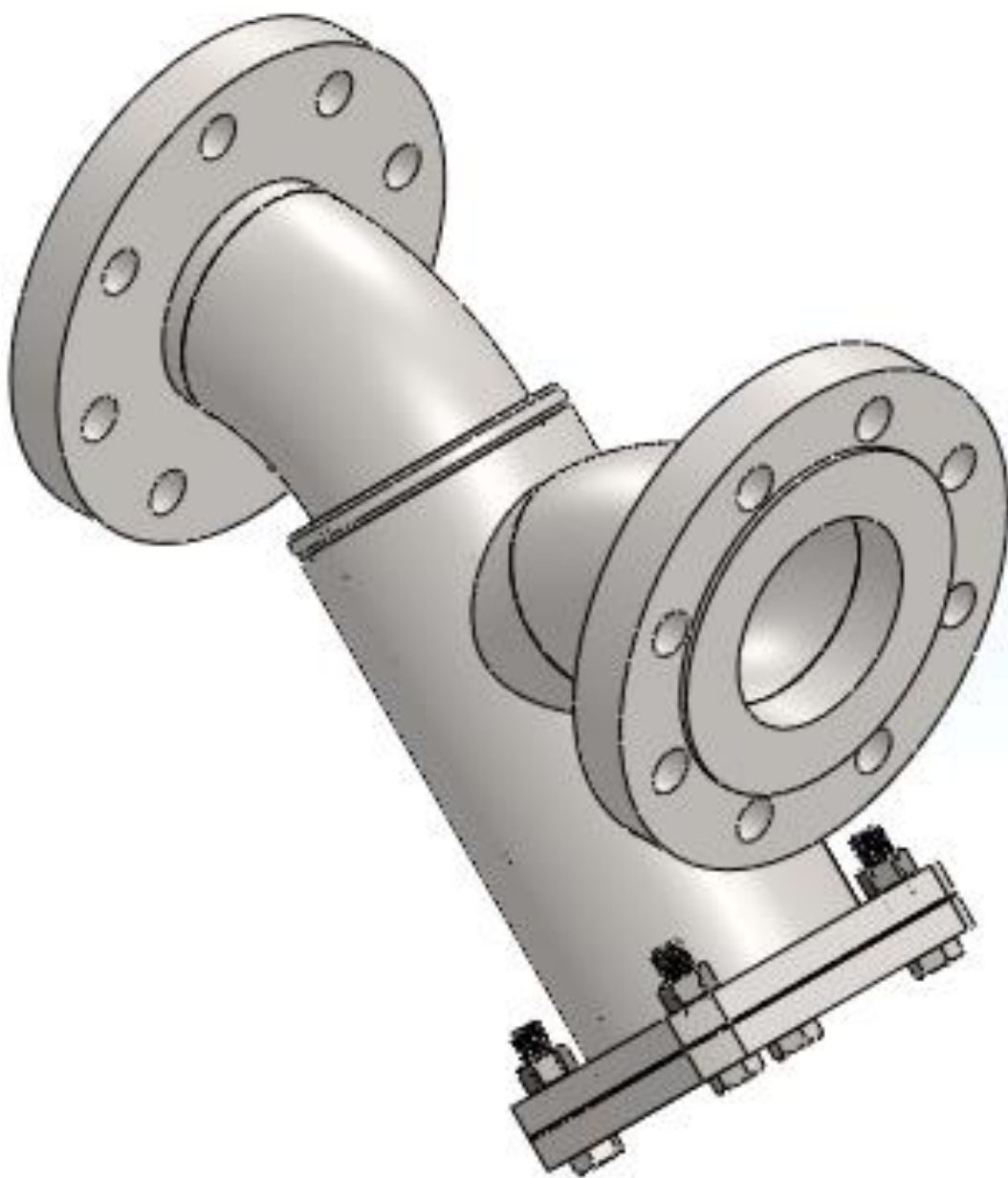
5.3 Generiranje sklopa pročištača PY-80.10 i PY-65.10

Izradom sklopa pročištača PY-100.10 potrebno je pomoću „tablice“ izraditi njegove konfiguracije pročištača PY-80.10 i PY-65.10. Stvaranje tablice konfiguracija svodi se na vrlo sličan način kao i stvaranja tablice u zasebnim dijelovima (eng. *Partovima*). Prvi korak je dodavanje (eng. *Insert*) tablice konfiguracija (eng. *Table*) odabirom na „kreiraj tablicu“ (eng. *Design Table*). Drugi korak je dodavanje konfiguracija u tablicu. U stupac A unosi se ime konfiguracije, primjer: PY-100.10, PY-80.10 i PY-65.10. U ostale stupce unose se pripadajuće konfiguracije dijelova (eng. *Part-ova*) koje također nose isto ime, primjer: ako je odabrana konfiguracija PY-80.10, u redak broj četiri unose se njemu pripadajuće konfiguracije PY-80.10. Bitno je naglasiti da se u drugi redak ne unosi ime dimenzije, već ime konfiguracije dijela, primjer: \$CONFIGURATION@cijevni_luk<1> ili ovako, \$CONFIGURATION@Prirub<1>. Broj jedan označava broj dijelova (eng. *Partova*) u sklopu, ukoliko se oni ponavljaju uz ime dijela će stajati broj <2>.

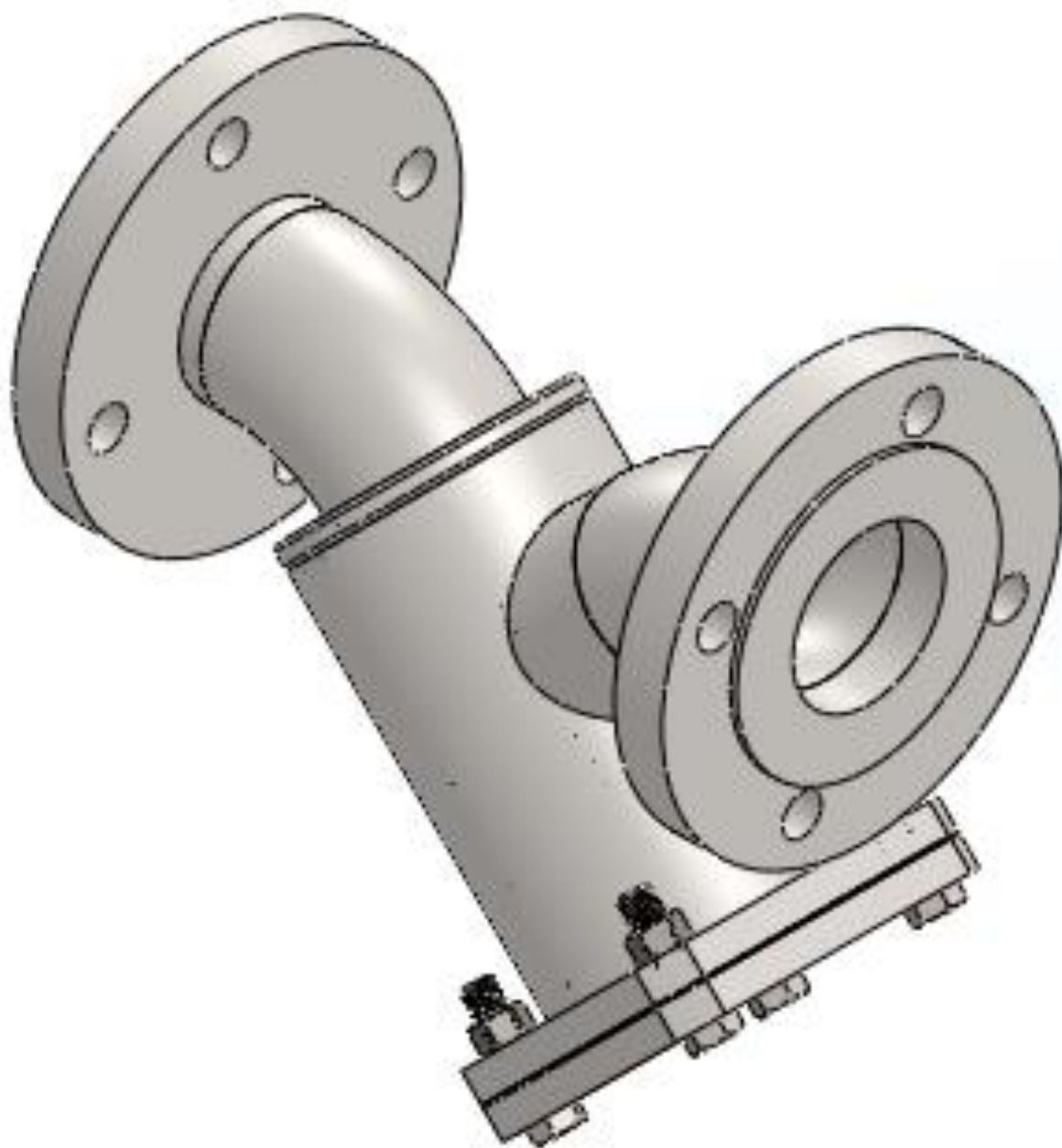
| | A | B | C | D | E | G | H | I | J | K | L | M |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Design Table for: Assem5 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | \$CONFIGURATION@Brtva<1> | \$CONFIGURATION@cijev<1> | \$CONFIGURATION@cijevni_luk<3> | \$CONFIGURATION@cijevni_luk<4> | \$CONFIGURATION@Filtacioni element<1> | \$CONFIGURATION@nastavak za cijev<1> | \$CONFIGURATION@nastavak1<1> | \$CONFIGURATION@Poklopac<1> | \$CONFIGURATION@Prirub<1> | \$CONFIGURATION@Prirubnica<3> | \$CONFIGURATION@Prirubnica<4> |
| 3 | PY 100.10 | PY 100.1 | PY-100.1 | PY 100.1 | PY 100.1 | PY 100.1 | PY 80.10 | PY 100.1 | PY 100.1 | PY 100.10 | PY 100.10 | PY 100.10 |
| 4 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY-80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 | PY 80.10 |
| 5 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY-65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 | PY 65.10 |

Slika 5.9 Stvaranje sklopa pomoću konfiguracija

Kod konfiguriranja pročištača PY-80.10 i PY-65.10 (slike 5.10 i 5.11) nema značajnijih preinaka osim što je potrebno ugraditi nastavak za cijev. Najjednostavnije je ovom slučaju ugraditi nastavak za pročištač PY-100.10 te ga „sakriti“ (eng. *Suppress*), dok će se u ostalim konfiguracijama on automatski pojaviti na mjestu gdje je potreban. Također naknadno su dodani vijci M 12 jer su u slučaju pročištača PY 100.10 potrebni vijci M 16.



Slika 5.10 3D model sklopa pročistača PY-80.10



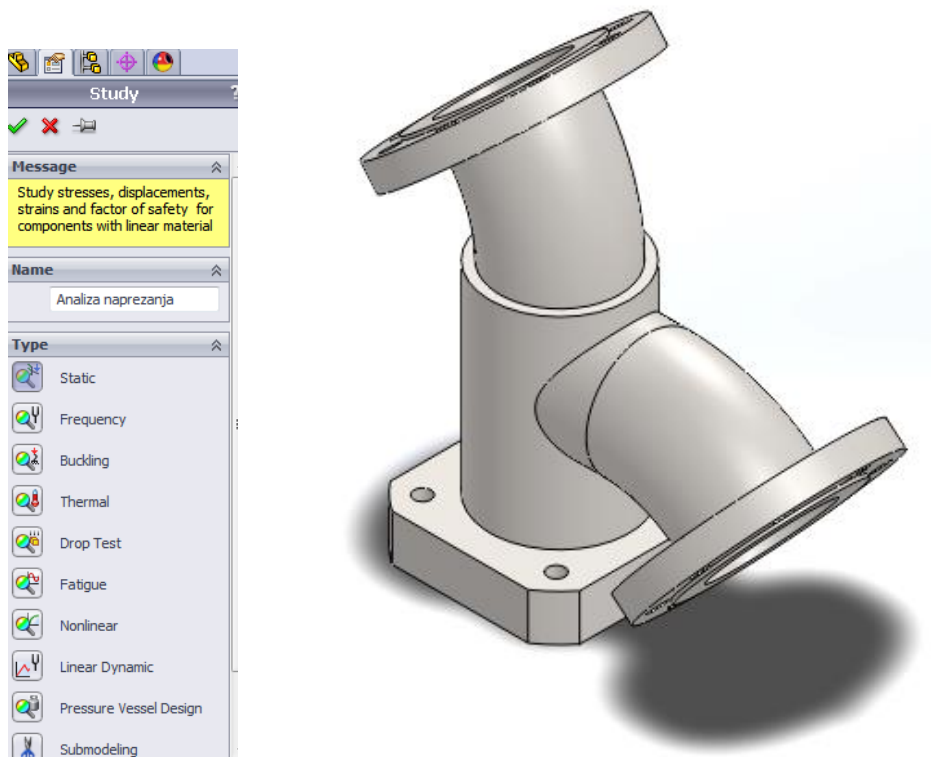
Slika 5.11 3D model sklopa pročistača PY-65.10

6. ANALIZA NAPREZANJA (FEA) PROČISTAČA PY-100.10 I PROČISTAČA PY-80.10

U sklopu programskog alata Solidworks nalazi se i programski modul za analizu naprezanja FEA (eng. *Finite Element Analysis*). Analiza naprezanja FEA koristi se za kontrolu analitičkog proračuna debljine stijenke 3D modela pročištača (točka 3. završnog rada). Ona omogućuje korisnicima analizu različitih vrsta naprezanja: statička, dinamička, toplinska, linearna dinamička, nelinearna i dr. U slučaju pročištača PY-100.10 i PY-80.10 izrađena je statička analiza za materijal P235G1TH.

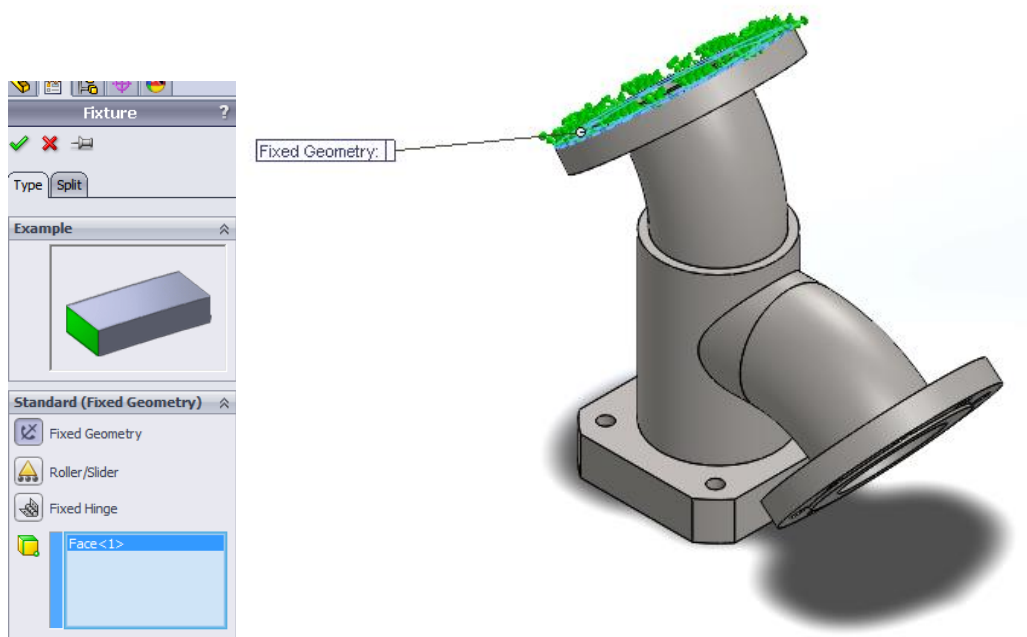
6.1 Analize naprezanja (FEA) za pročištač PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a) i ispitni tlak 2,4 MPa (24 bar-a)

Na slici 6.1. prikazano je kućište pročištača PY-100.10. Za analizu naprezanja potrebno je odabrati značajku (eng. *Simulation*) i započeti novu analizu (eng. *New Study*). Početni korak je odabir vrste analize- statička analiza.



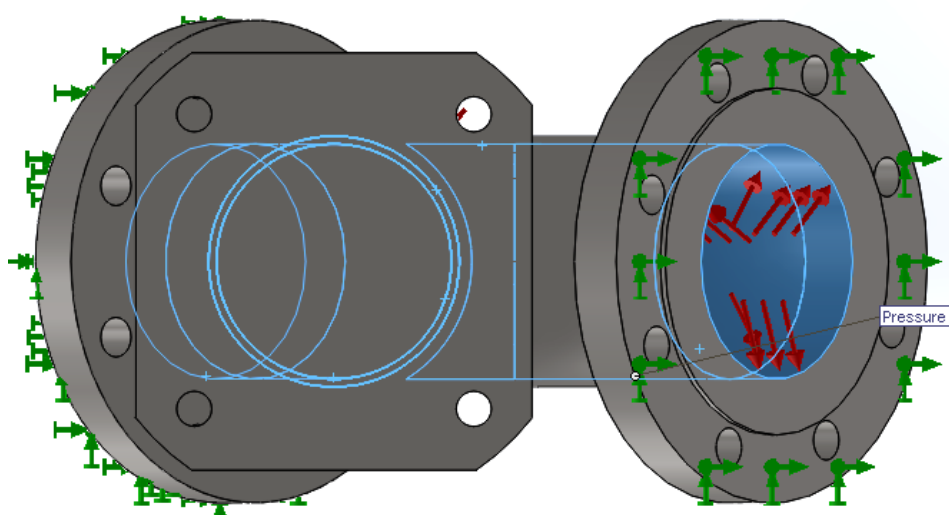
Slika 6.1 Odabir vrste analize naprezanja kod pročištača PY-100.10

Zatim se odabiru oslonci (eng. *Fixtures*). U slučaju pročišćača PY-100.10 odabiru se provrti na krajevima cijevnih lukova (slika 6.2).

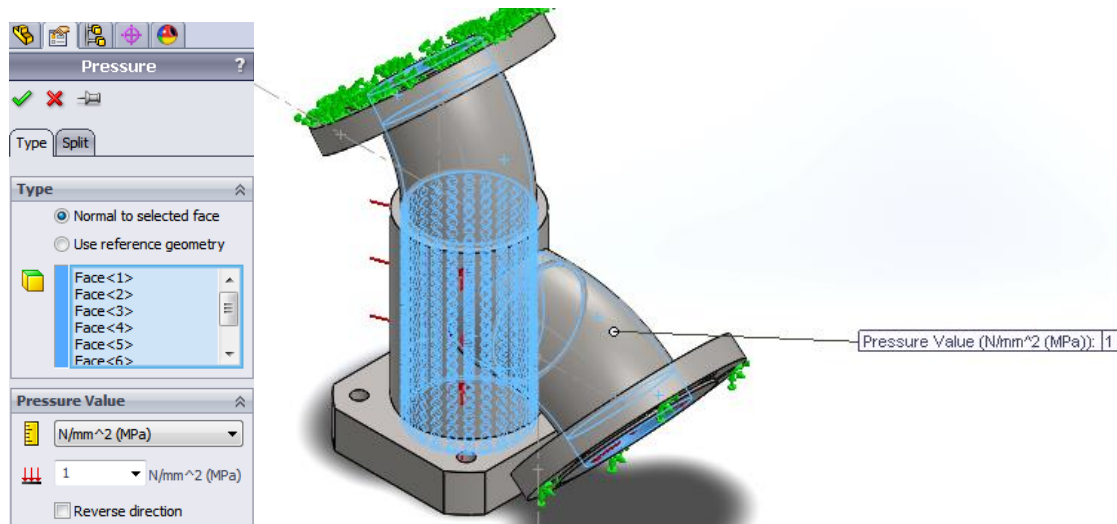


Slika 6.2 Odabir fiksnih oslonaca na pročišćaču PY-100.10

Nakon odabira fiksnih oslonaca (eng. *Fixtures*) odabire se tlačno naprezanje (eng. *Pressure*) na unutrašnje stijenke kućišta pročišćača PY-100.10. Istovremeno unosi se opterećenje radnim tlakom $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a) (slika 6.3 i slika 6.4).

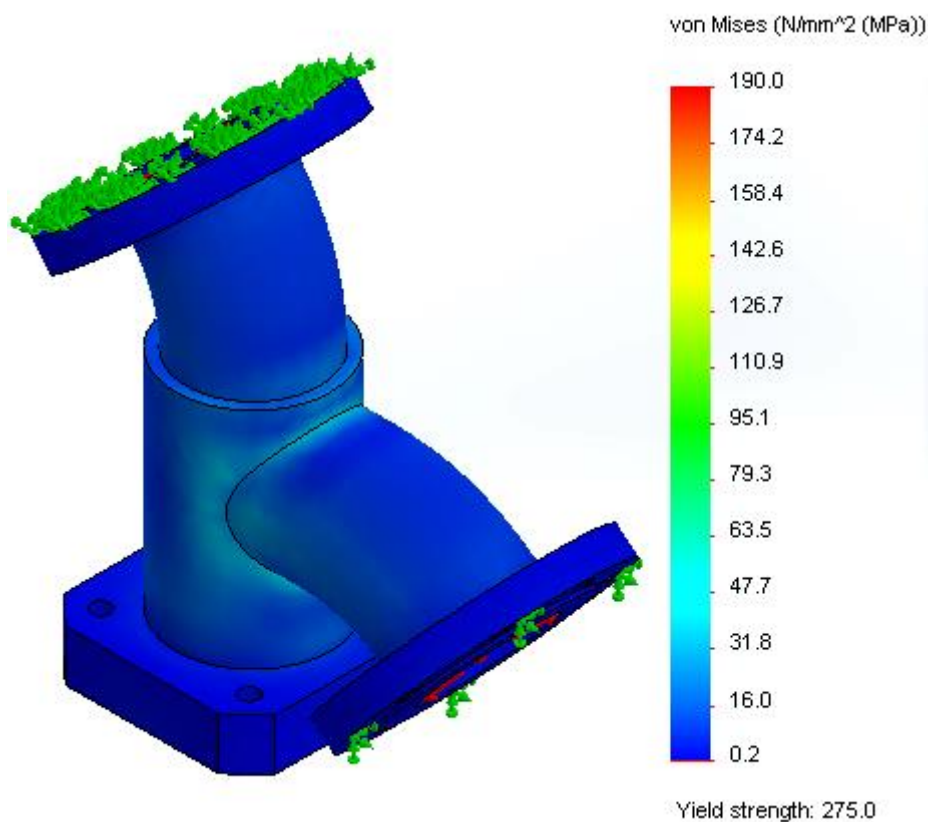


Slika 6.3 Tlačno opterećenja (eng. *Pressure*) unutar kućišta pročišćača PY-100.10



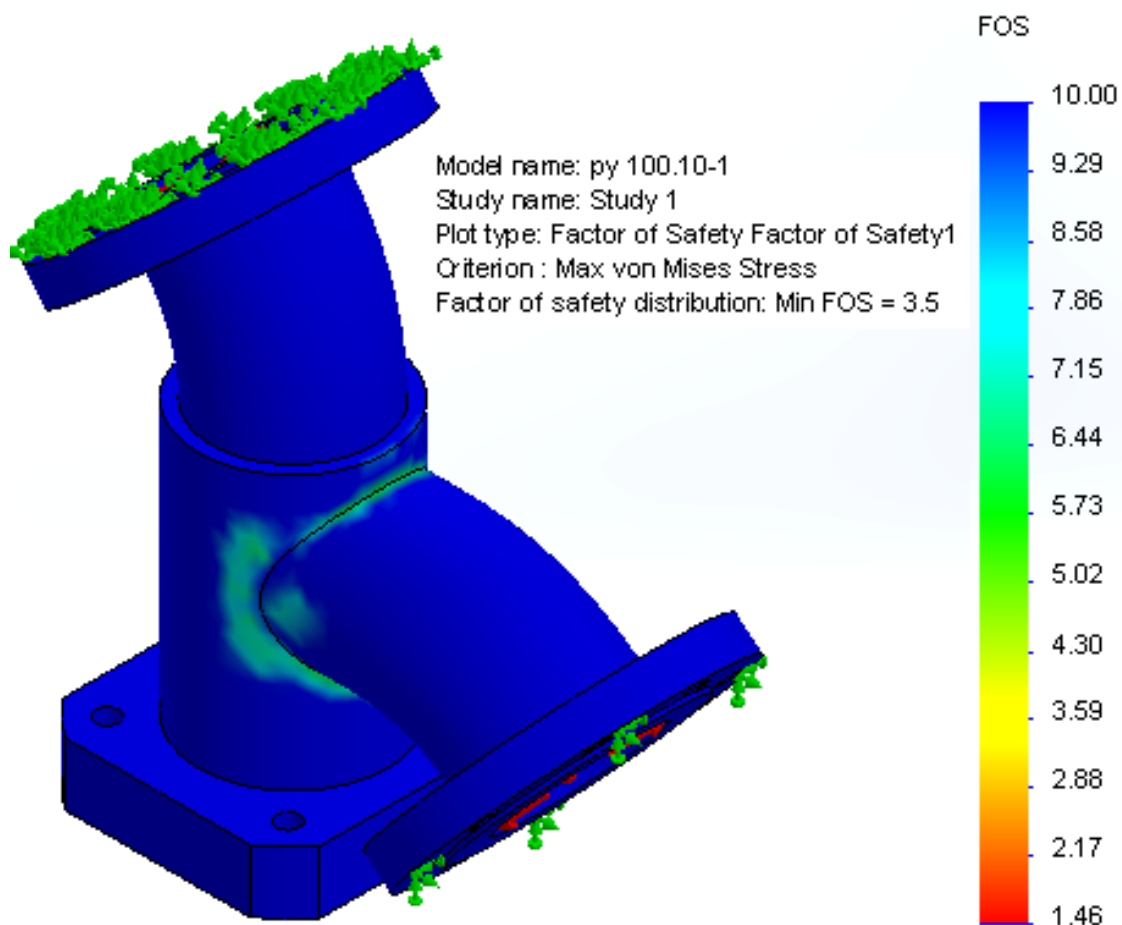
Slika 6.4 Odabir površina za analizu naprezanja unutar stijenke kućišta pročišćača PY-100.10

Definiranjem svih potrebnih parametara, započinje simulacija- izračun naprezanja (FEA – analiza) odabirom (eng. *Run*), a njezinim završetkom dobivaju se rezultati provedene analize. Na zaslonu se mogu očitati grafičke numeričke vrijednosti naprezanja stijenke kućišta pročišćača PY-100.10.



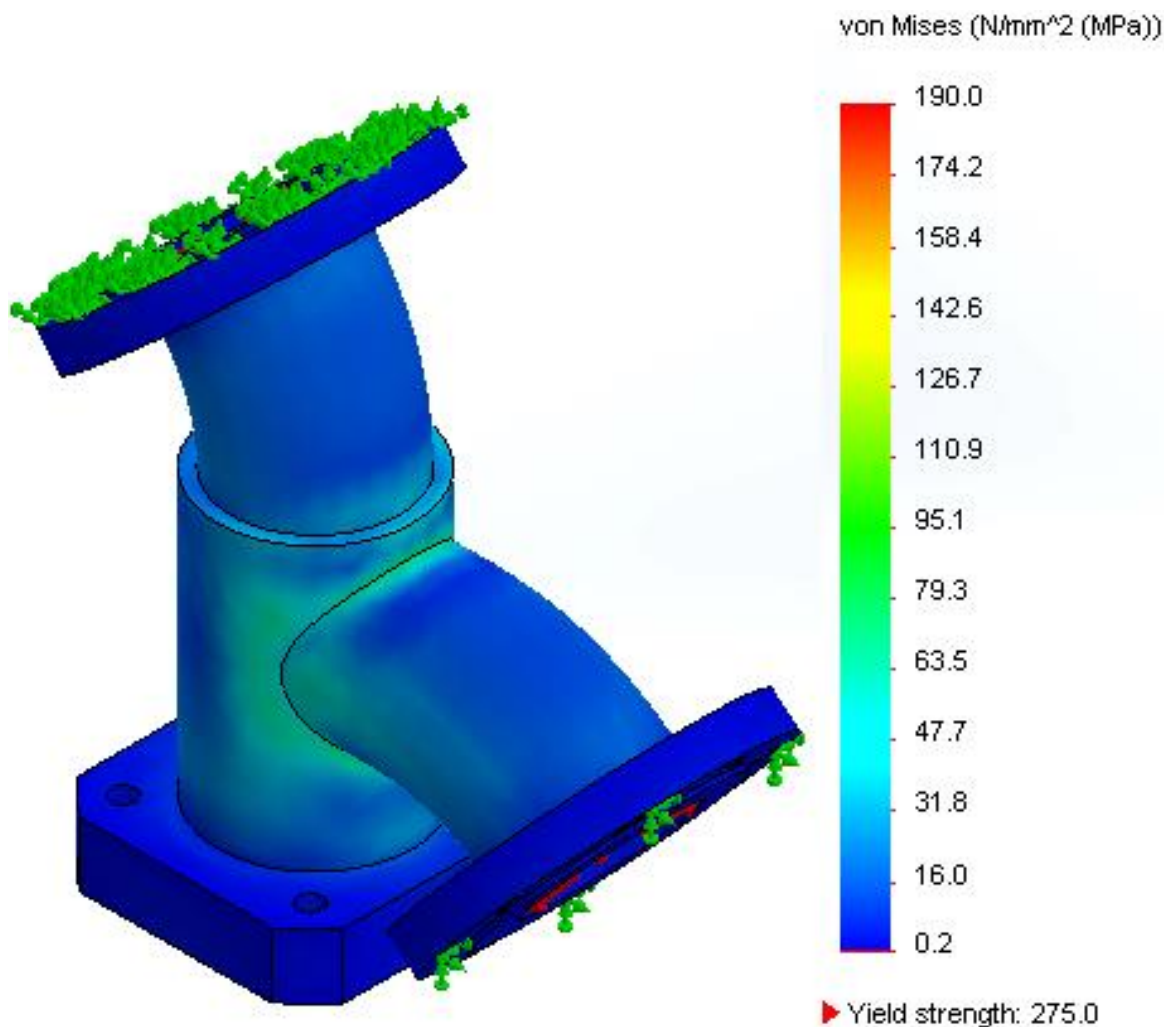
Slika 6.5 Rezultat analize naprezanja pročišćača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a)

Na slici 6.5 prikazani su rezultati analize naprezanja za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a). Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročistača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a) i za materijal P235G1TH (Č1214) potvrđuju očitavanja naprezanja na skali (slika 6.5) znatno manja od dozvoljenog naprezanja $\sigma_{\text{dop}} = 186 \text{ N/mm}^2$, a temeljem gore navedenog potvrđena je i točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stijenke kućišta pročistača (točka 3. završnog rada), te se također može predvidjeti „izdržljivost“ kućišta pročistača PY-100.10 i za veće radne tlakove.

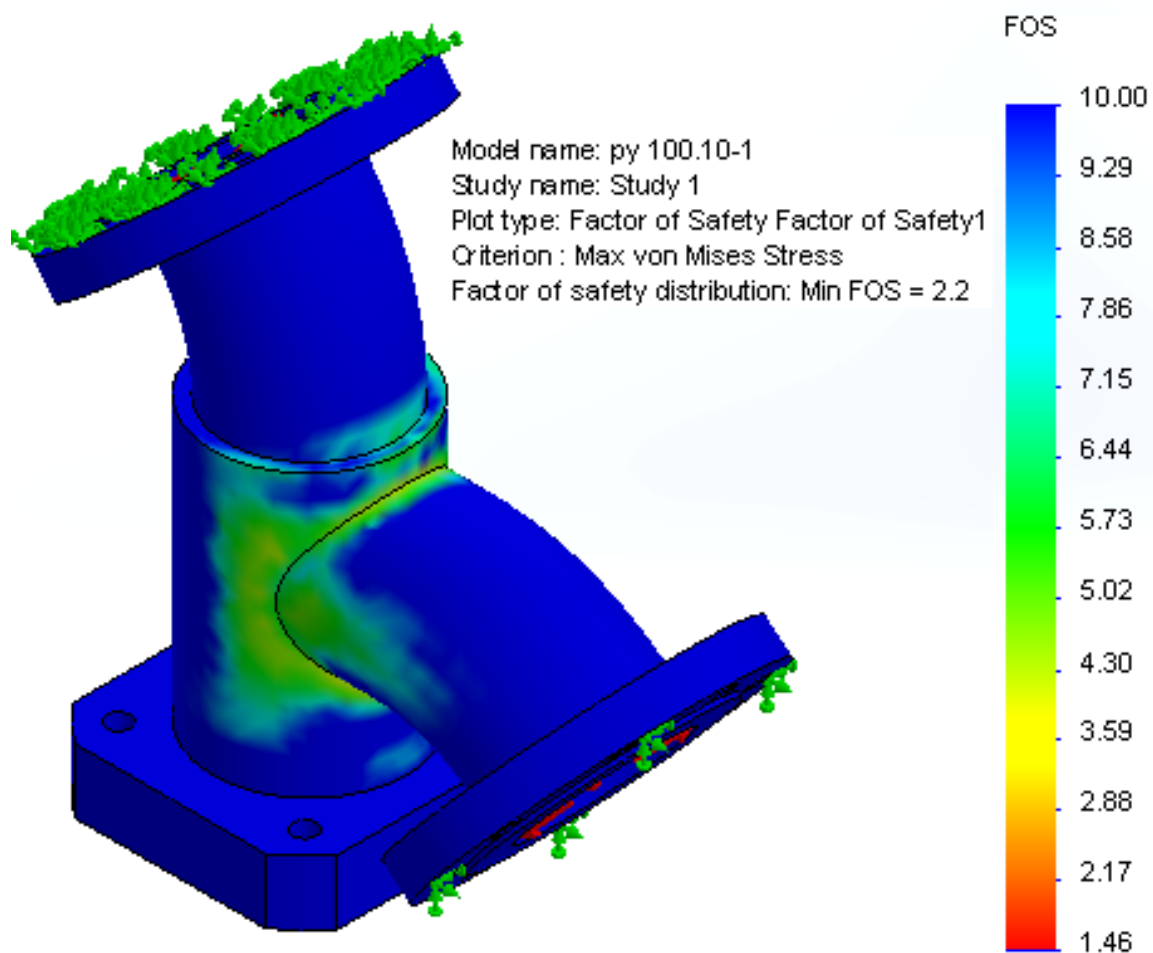


Slika 6.6 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. *FOS*) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10bar-a)

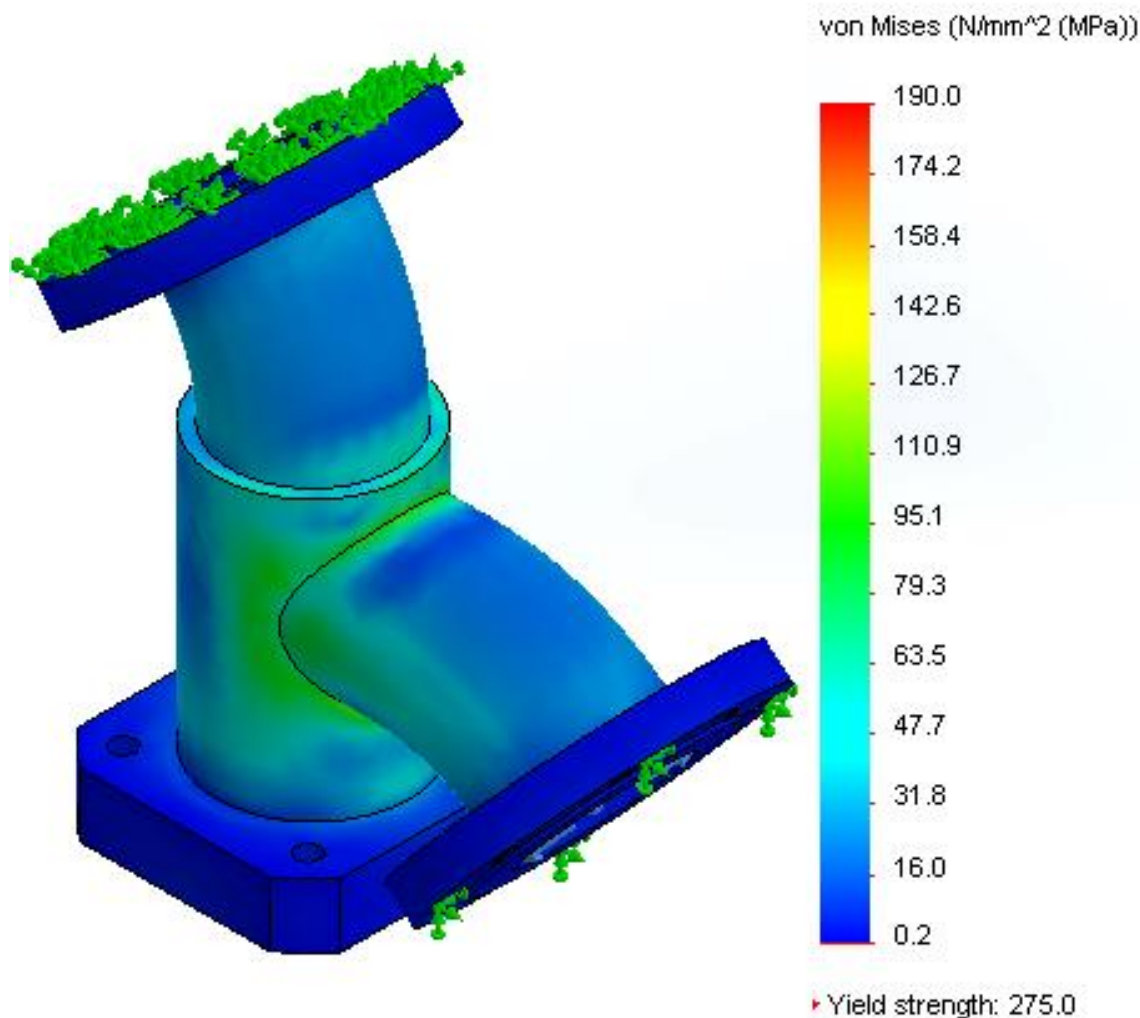
U programskom alatu *SolidWorks* moguće je prikazati grafički- faktor sigurnosti (eng. *FOS- Factor of Safety*) za pročistač PY-100.10. Slika 6.6 prikazuje analizu faktora sigurnosti. Minimalni faktor sigurnosti za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ iznosi 3,5.



Slika 6.7 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1.6 \text{ MPa}$ (16bar-a) Povećanjem radnog tlaka $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$, rezultati provedene (FEA) analize naprezanja za materijal P235G1TH (za debljine stijenke $s = 3,6 \text{ mm}$) ne potvrđuju značajnije promjene vrijednosti očitavanja naprezanja na skali (slika 6.7) koja su također znatno manja od dozvoljenog naprezanja $\sigma_{\text{dop}} = 186 \text{ N/mm}^2$, a temeljem gore navedenog također je potvrđena i točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stijenke ($s = 3,38 \text{ mm}$) kućišta pročištača (točka 3. završnog rada), te se i dalje također može predvidjeti „izdržljivost“ kućišta pročištača PY-100.10 i za veće radne tlakove. Minimalni faktor sigurnosti (eng. *FOS- Factor of Safety*) kućišta pročištača PY-100.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ iznosi 2,2 (slika 6.8).

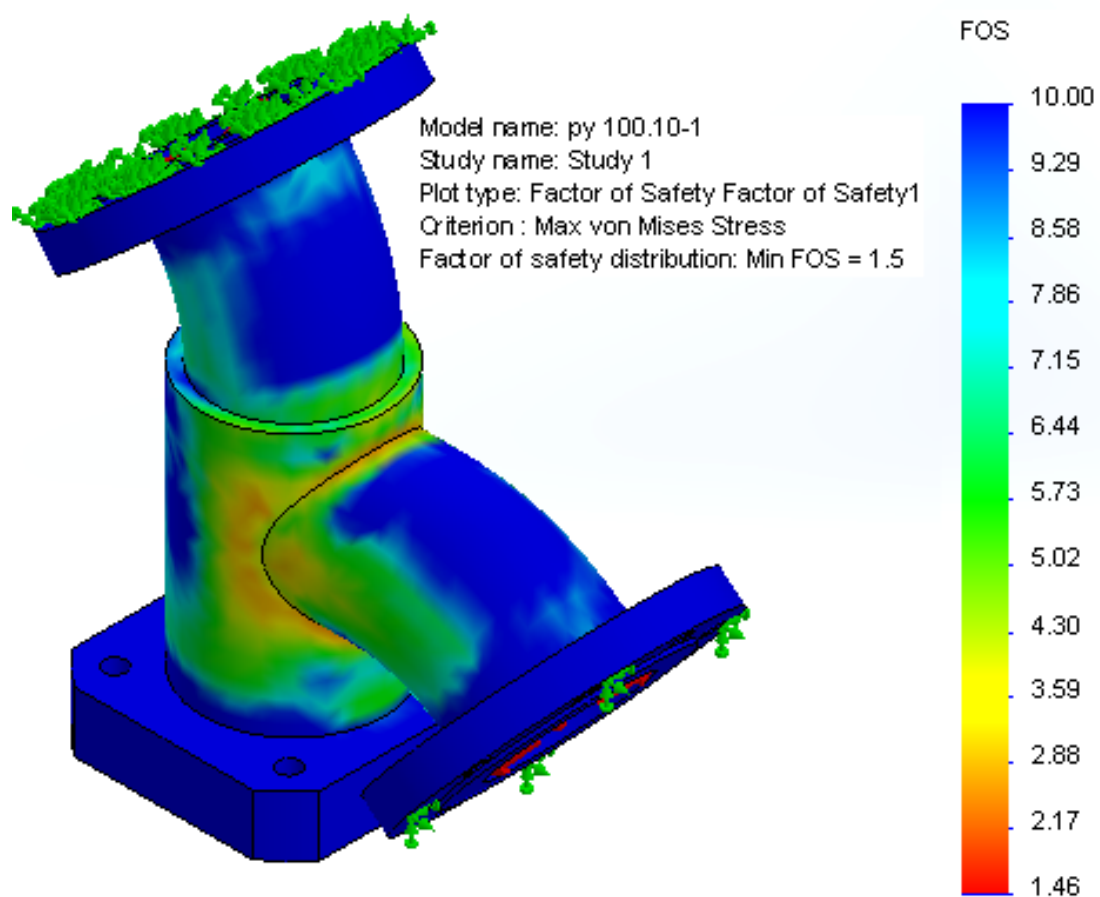


Slika 6.8 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. *FOS*) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a)



Slika 6.9 Rezultat analize naprezanja pročistača PY-100.10 za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a)

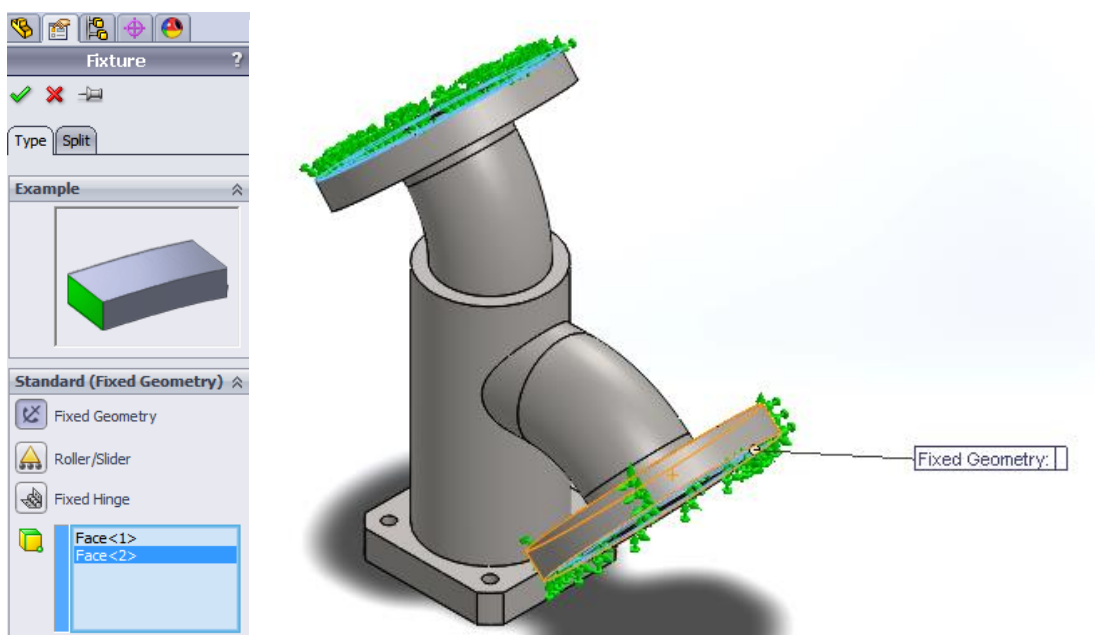
Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročistača PY-100.10 za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ i materijal P235G1TH (za debljine stijenke $s = 3,6 \text{ mm}$), prikazuju (vizualno) vidljive promjene na stijenkama pročistača (slika 6.9). Iako su očitana naprezanja na skali (slika 6.9) manja od dozvoljenog naprezanja $\sigma_{\text{dop}} = 186 \text{ N/mm}^2$ za materijal P235G1TH (Č1214), a temeljem gore navednog, i dalje je potvrđena točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stijenke ($s = 4,39 \text{ mm}$) kućišta pročistača (točka 3. završnog rada) i „izdržljivost“ kućišta pročistača za ispitno opterećenje, ali zbog pada faktora sigurnosti (slika 6.10) 1,5 usvaja se debljina stijenke $s = 4,5 \text{ mm}$.



Slika 6.10 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. FOS) za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a)

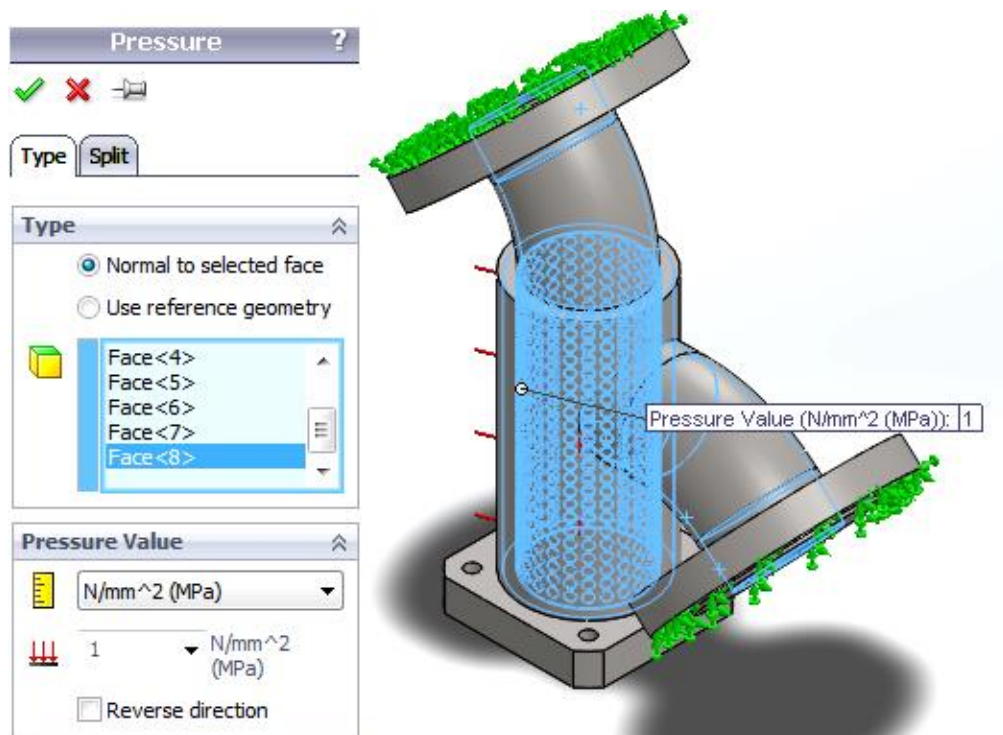
6.2 Analize naprezanja (FEA) za pročistač PY-80.10 za radne tlakove 1,0 MPa (10 bar-a) i 1,6 MPa (16 bar-a) i ispitni tlak 2,4 (24 bar-a)

Analiza naprezanja (eng. FEA- Finite Element Analysis) za pročistač PY-80.10 provodi se također u programskom alatu *SolidWorks*. U ovoj analizi analizirano je kućište pročistača za radne tlakove $p_{\text{radni}} = 1,0$ MPa (10 bar-a) i $p_{\text{radni}} = 1,6$ MPa (16 bar-a) te ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4$ MPa (24 bar-a). Dopušteno naprezanje za materijal P235G1TH (Č1214) iznosi $\sigma_{\text{dop}} = 186$ N/mm².

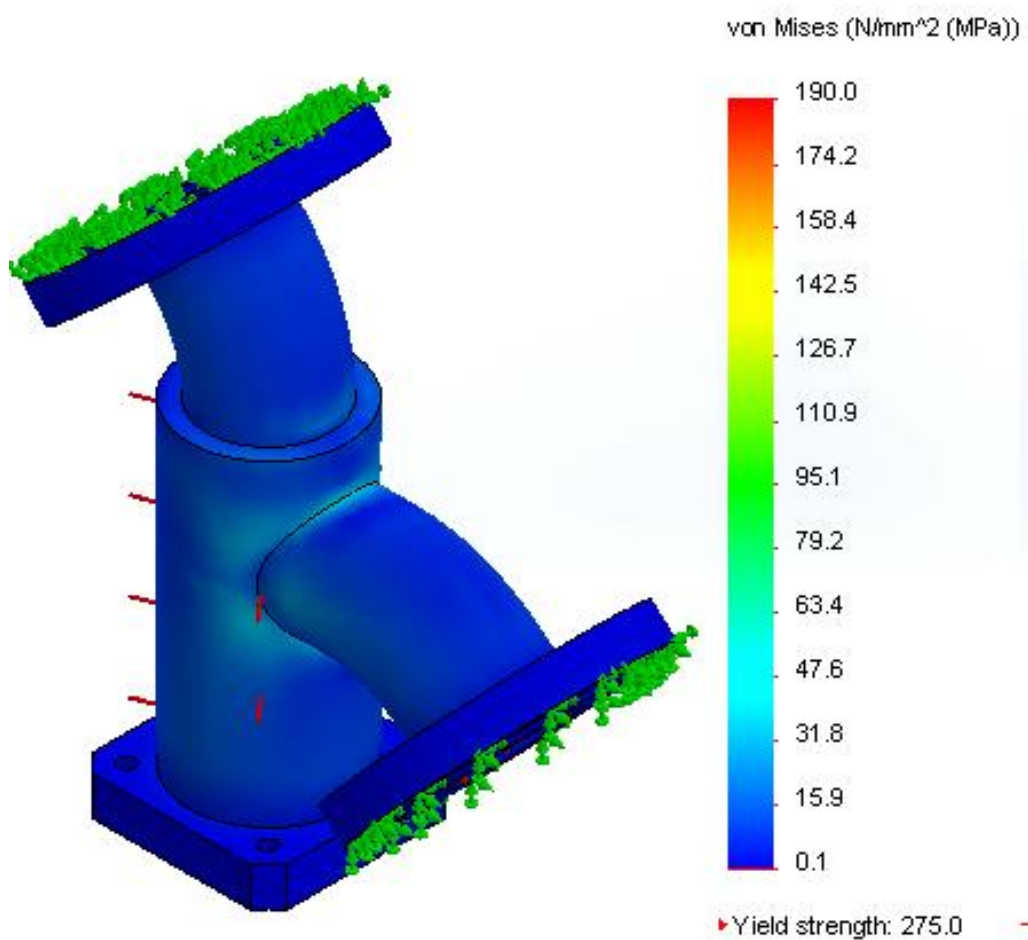


Slika 6.11 Tlačno opterećenje (eng. Pressure) unutar kućišta pročistača PY-80.10

Na početku analize naprezanja (FEA) potrebno je odrediti fiksne (eng. *Fixtures*) oslonce pročistača, te odabrati površine kućišta na kojima djeluje tlačno naprezanje (eng. *Pressure*). U prvom slučaju radni tlak unutar kućišta iznosi $p_{\text{radni}} = 1$ MPa (10 bar-a), (slike 6.12 i 6.13).



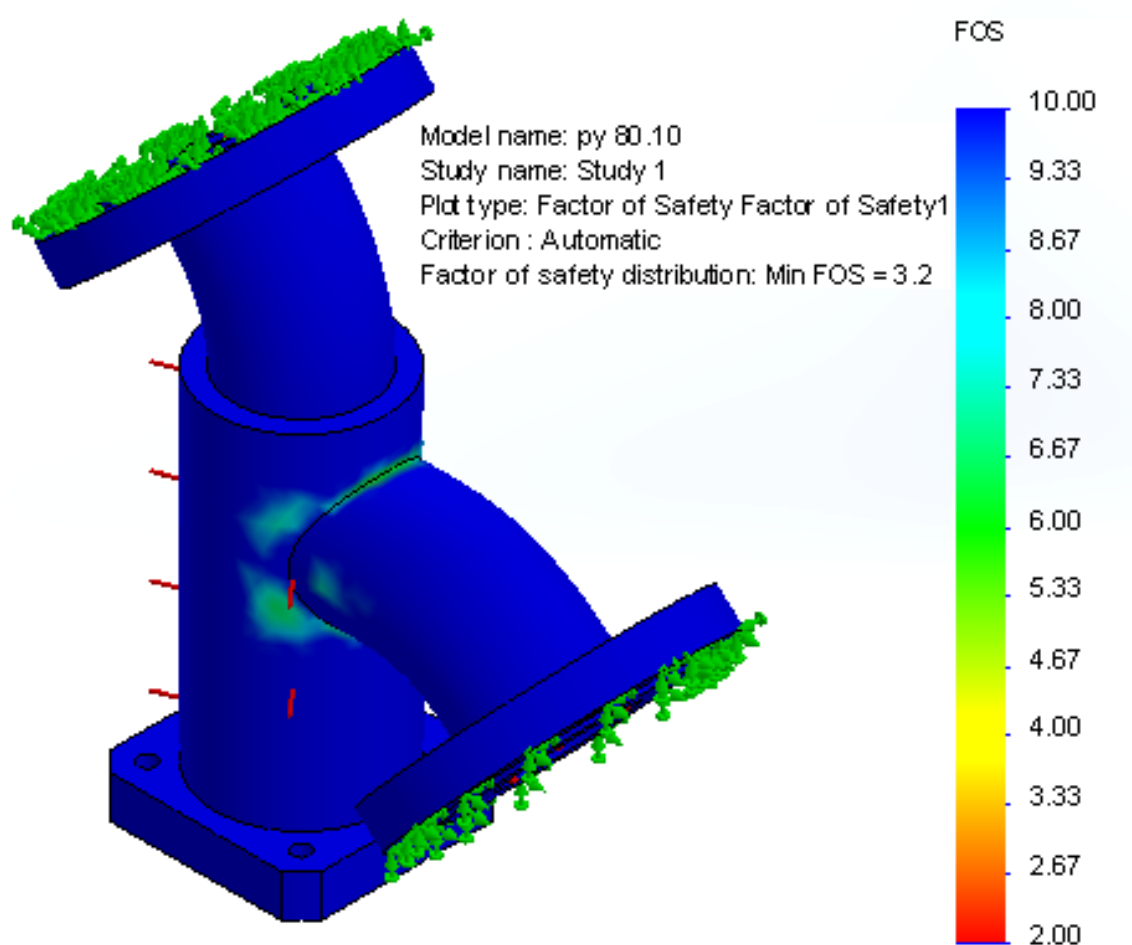
Slika 6.12 Odabir površina za analizu naprezanja unutar stijenke kućišta PY-80.10



Slika 6.13 Rezultat analize naprezanja pročistača PY-80.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a)

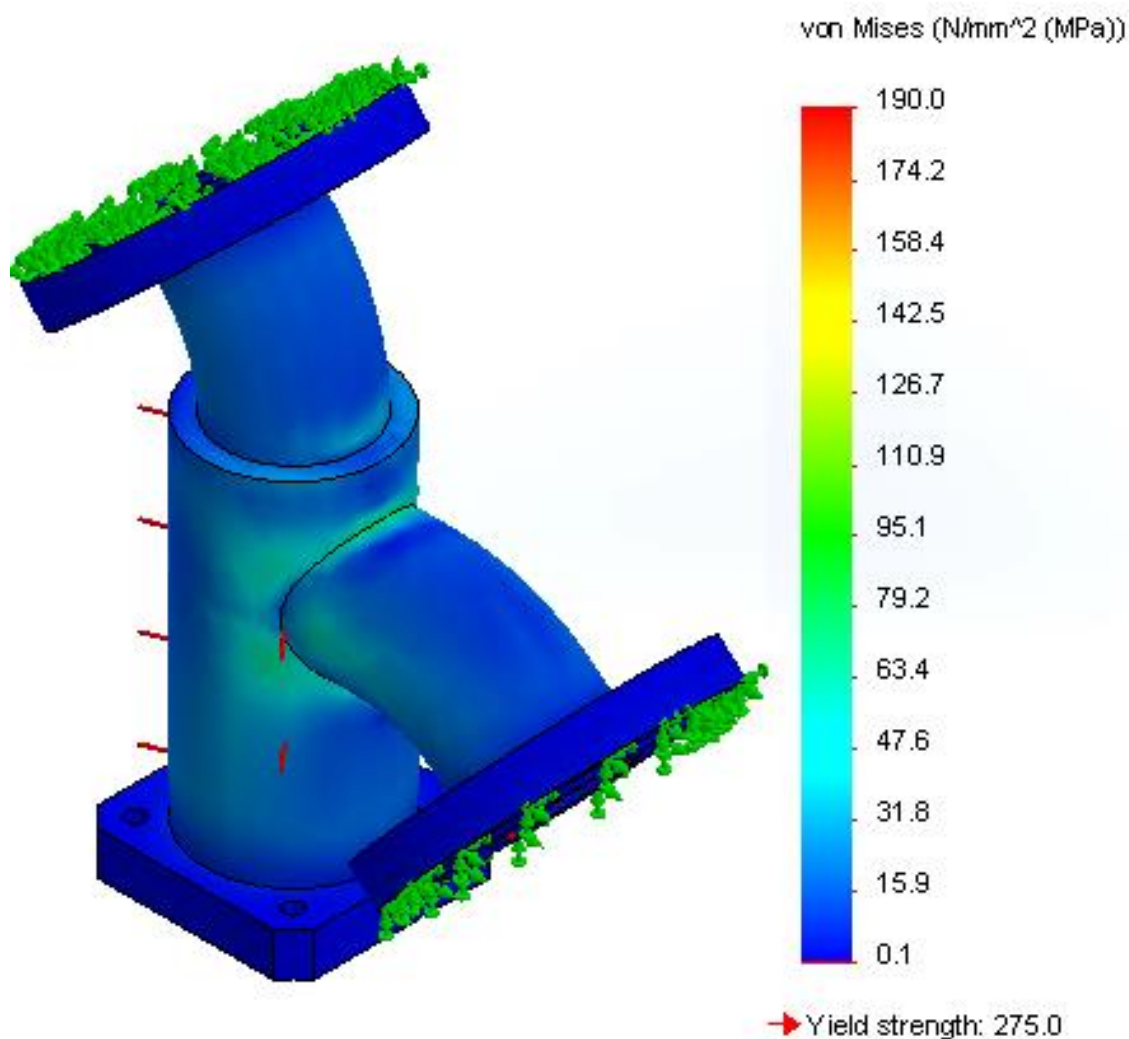
Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročištača PY-80.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a) i za materijal P235G1TH (Č1214) potvrđuju očitavanja naprezanja na skali (slika 6.13) manja od dozvoljenog naprezanja $\sigma_{\text{dop}} = 186 \text{ N/mm}^2$, a temeljem gore navedenog potvrđena je i točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stijenke ($s = 2,37 \text{ mm}$) kućišta pročištača (točka 3. završnog rada), te se također može predvidjeti „izdržljivost“ kućišta pročištača PY-80.10 i za veće radne tlakove.

Faktor sigurnosti (eng. *FOS- Factor of Safety*) za pročištač PY-100.10 (slika 6.14.) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ iznosi 3,2.



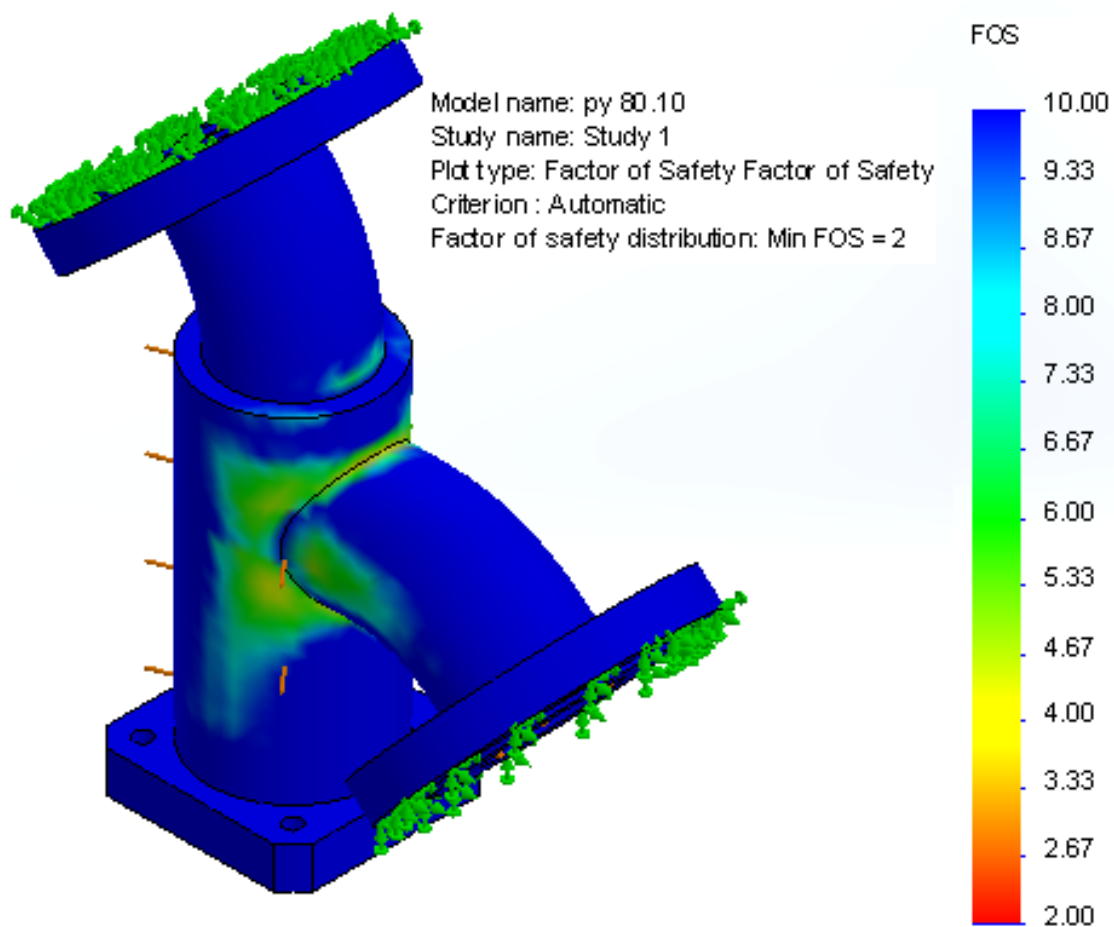
Slika 6.14 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. FOS) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1 \text{ MPa}$ (10 bar-a)

Povećanjem radnog tlaka $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$, rezultati provedene (FEA) analize naprezanja za materijal P235G1TH (Č1214) potvrđuju značajnije promjene vrijednosti očitavanja naprezanja na skali (slika 6.15) koja su također znatno manja od dozvoljenog naprezanja $\sigma_{\text{dop}} = 186 \text{ N/mm}^2$. Manje promjene u iznosima naprezanja vidljiva su na spoju cijevi i cijevnog luka, ali su ona još uvijek u dozvoljenom području vrijednosti dopuštenih naprezanja. Temeljem gore navedenog također je potvrđena i točnost analitičkog proračuna minimalne debljine stijenke ($s = 3,00 \text{ mm}$) kućišta pročistača (točka 3. završnog rada).



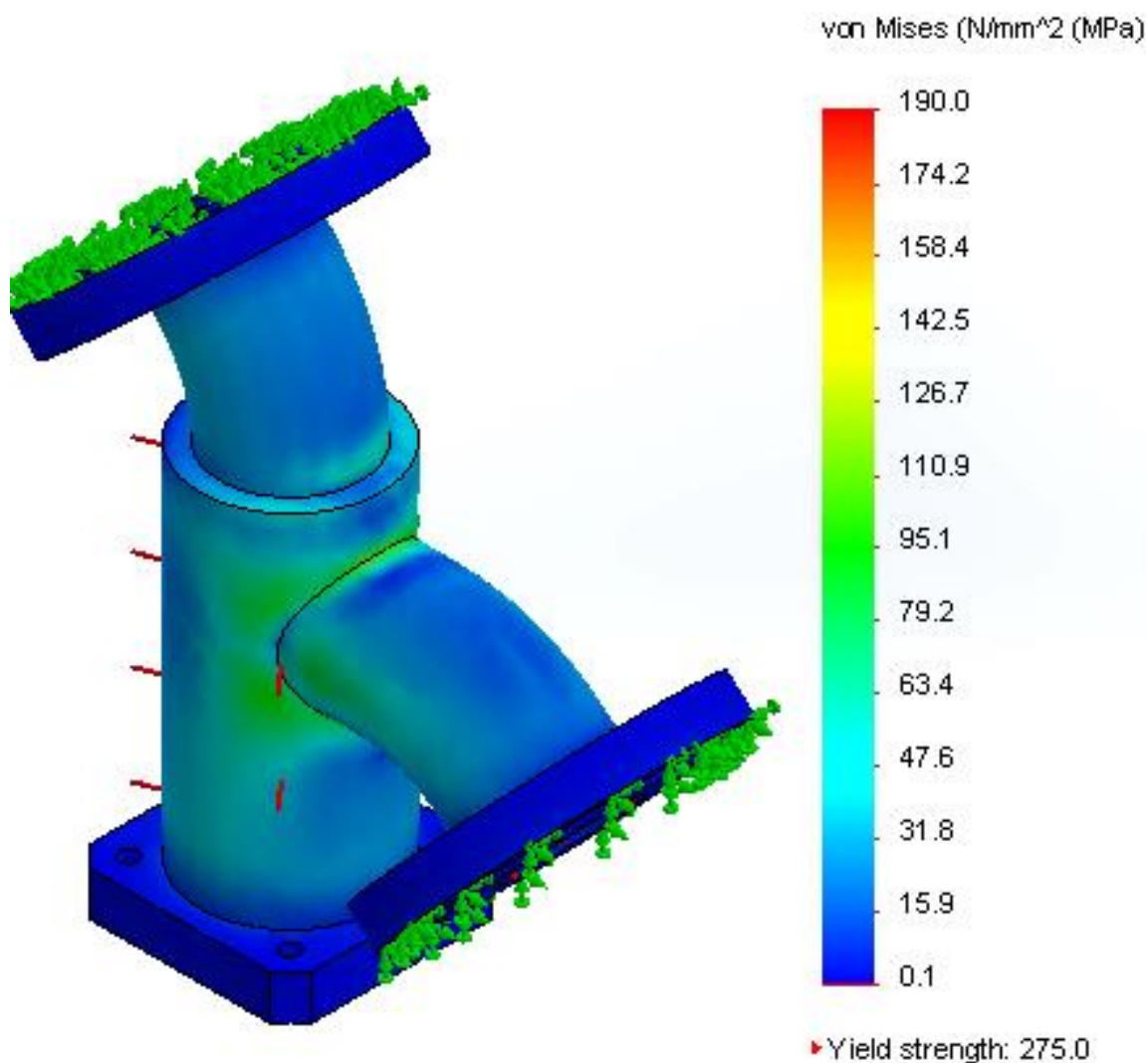
Slika 6.15 Rezultat analize naprezanja pročistača PY-80.10 za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a)

Minimalni faktor sigurnosti (eng. *FOS- Factor of Safety*) za pročištač PY-80.10 (slika 6.16) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a) iznosi 2.

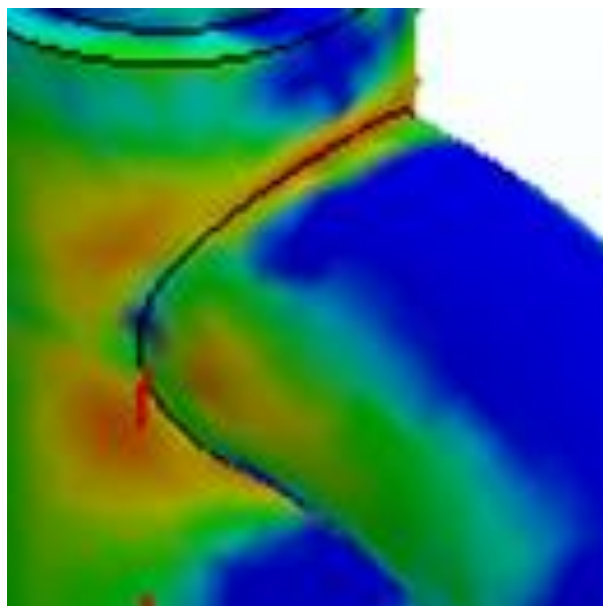


Slika 6.16 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. FOS) za radni tlak $p_{\text{radni}} = 1,6 \text{ MPa}$ (16 bar-a)

Rezultati provedene (FEA) analize naprezanja kućišta pročištača PY-80.10 za ispitni tlak $p_{\text{ispitni}} = 2,4 \text{ MPa}$ i materijal P235G1TH (Č1214) za debljine stijenke ($s = 3,6 \text{ mm}$), prikazuju znatne vizualne i numeričke promjene naprezanja na spoju cijevi i cijevnog luka (slike 6.17 i 6.18). Zbog minimalnog faktora sigurnosti (FOS-a) koji iznosi 1,3 i minimalne analitičke debljine stijenke koja iznosi $s = 3,83 \text{ mm}$, usvaja se nova debljina stijenke $s = 4 \text{ mm}$.

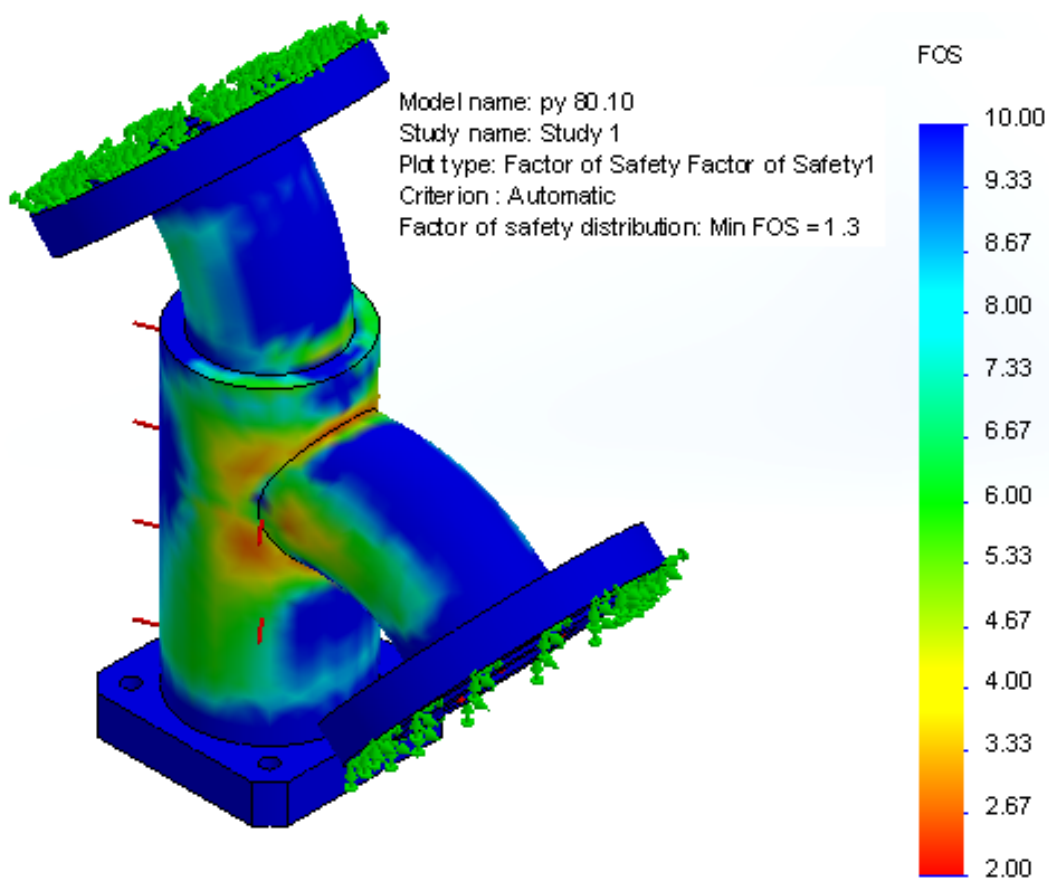


Slika 6.17 Rezultat analize naprezanja pročištača PY-80.10 za ispitni tlak $p_{\text{radni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a)



Slika 6.18 Uvećani prikaz spoja cijevi i cijevnog luka pročištača PY-80.10 gdje su vidljive znatnije promjene na stijenkama

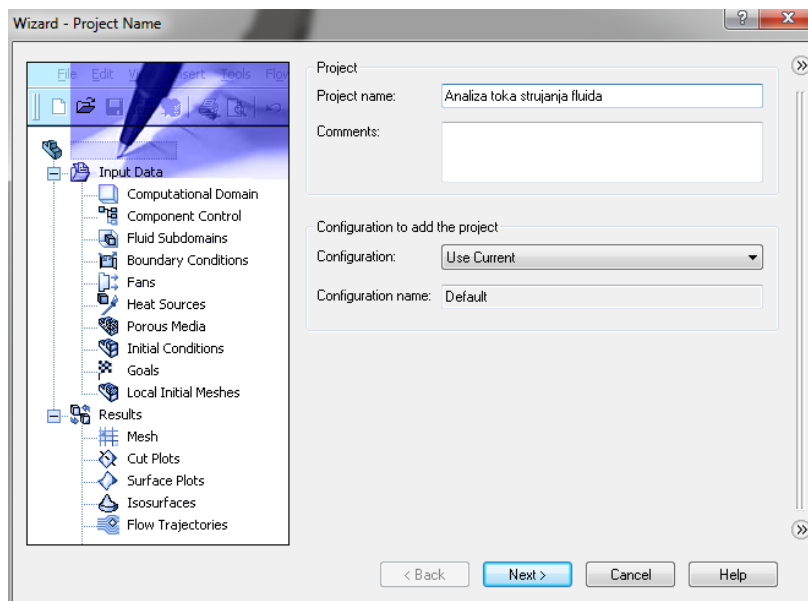
Minimalni faktor sigurnosti (eng. *FOS- Factor of Safety*) iznosi 1,3.



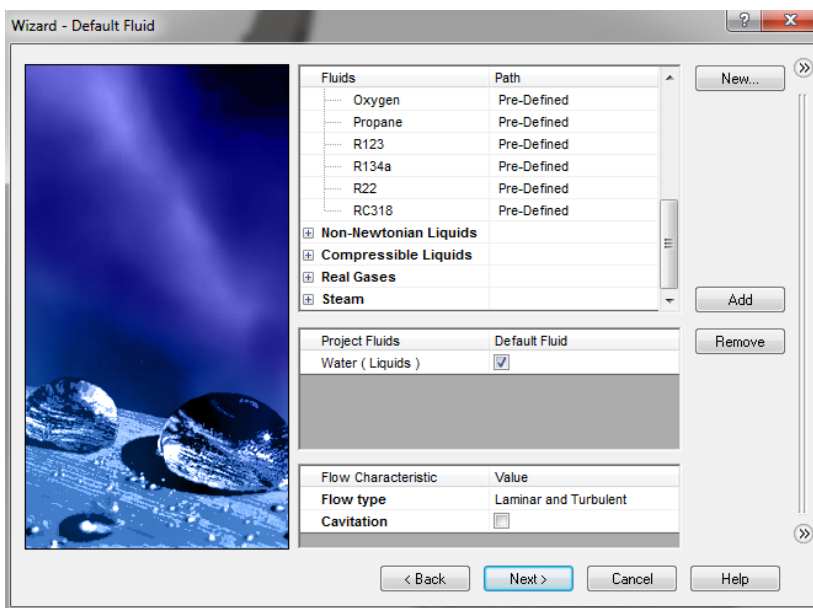
Slika 6.19 Prikaz minimalnog faktora sigurnosti (eng. FOS) za ispitni tlak $p_{\text{radni}} = 2,4 \text{ MPa}$ (24 bar-a)

7. ANALIZA TOKA STRUJANJA FLUIDA U PROČISTAČU PY-100.10

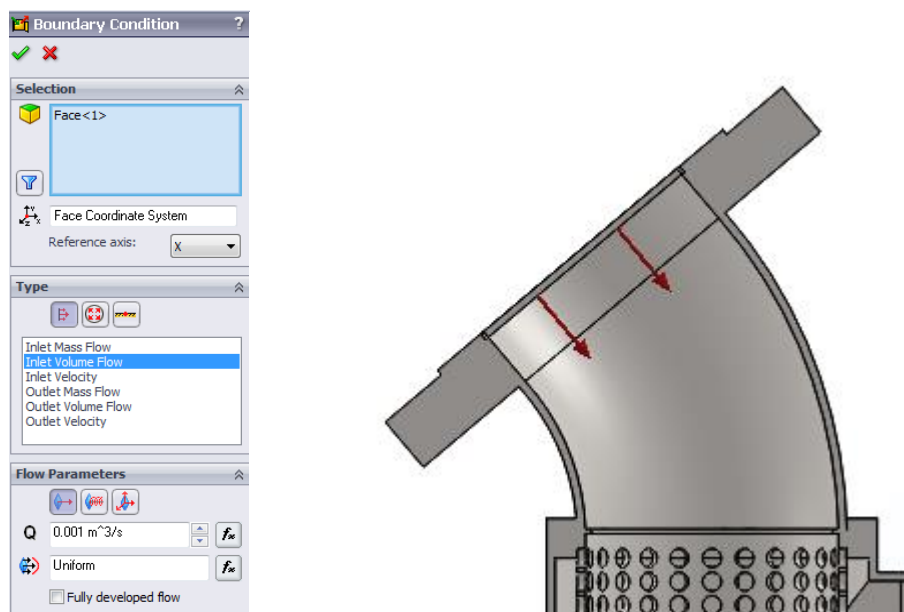
Analiza toka strujanja fluida kroz 3D model pročištača PY-100.10 prikazana je u programskom modulu *Flow Simulation*. Analiza započinje postavljanjem poklopca (eng. *Lid*) na ulaz i izlaz pročištača. Odabire se vrsta analize, fluida te ulazno-izlazni parametri (eng. *Boundary Conditions*) koji određuju strujanje fluida (slike 7.1 i 7.2).



Slika 7.1 „Čarobnjak“ analize strujanja fluida (eng. *Flow Simulation*)

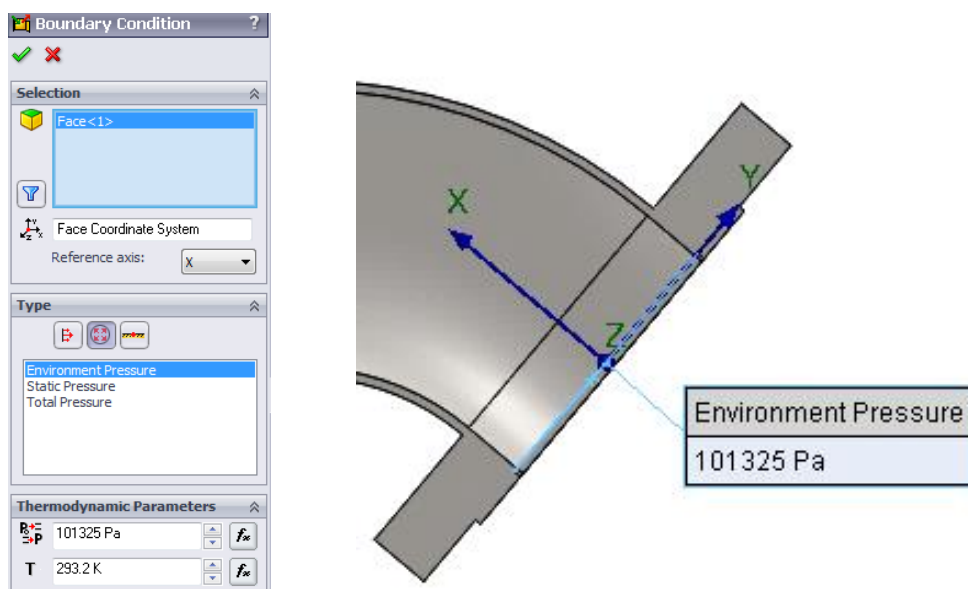


Slika 7.2 Odabir fluida (voda) za analizu

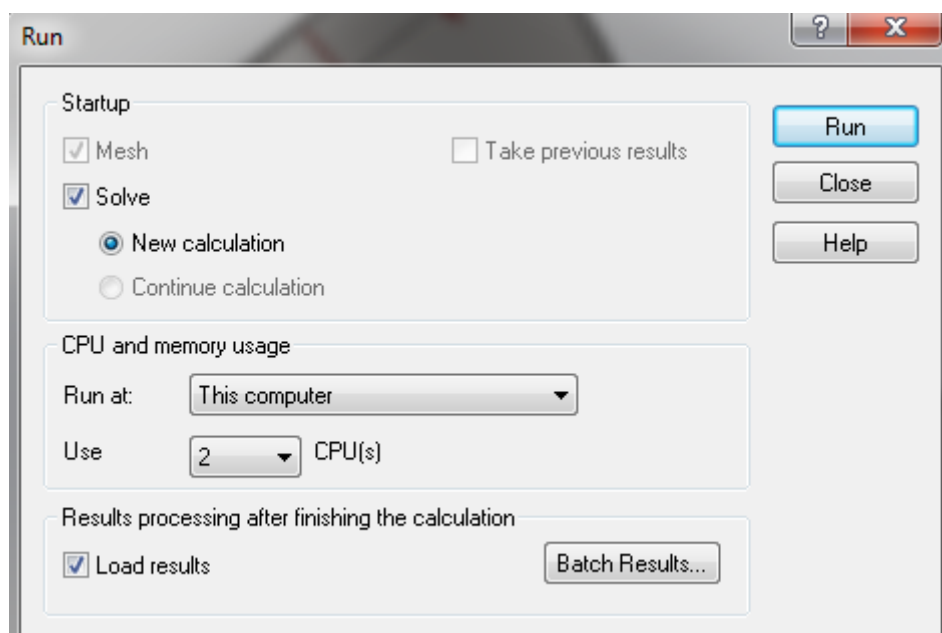


Slika 7.3 Definiranje ulaznih parametara

Za početak potrebno je definirati ulazni parametar. Slika 7.3. prikazuje ulazni priključak pročištača PY-100.10. gdje je odabran volumni protok od $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ (slika 6.3.). Kao izlazni dio odabran je izlazni priključak pročištača PY-100.10 definiran kao tlačni dio atmosferskog tlaka $101\,325 \text{ Pa}$ (slika 7.4.).

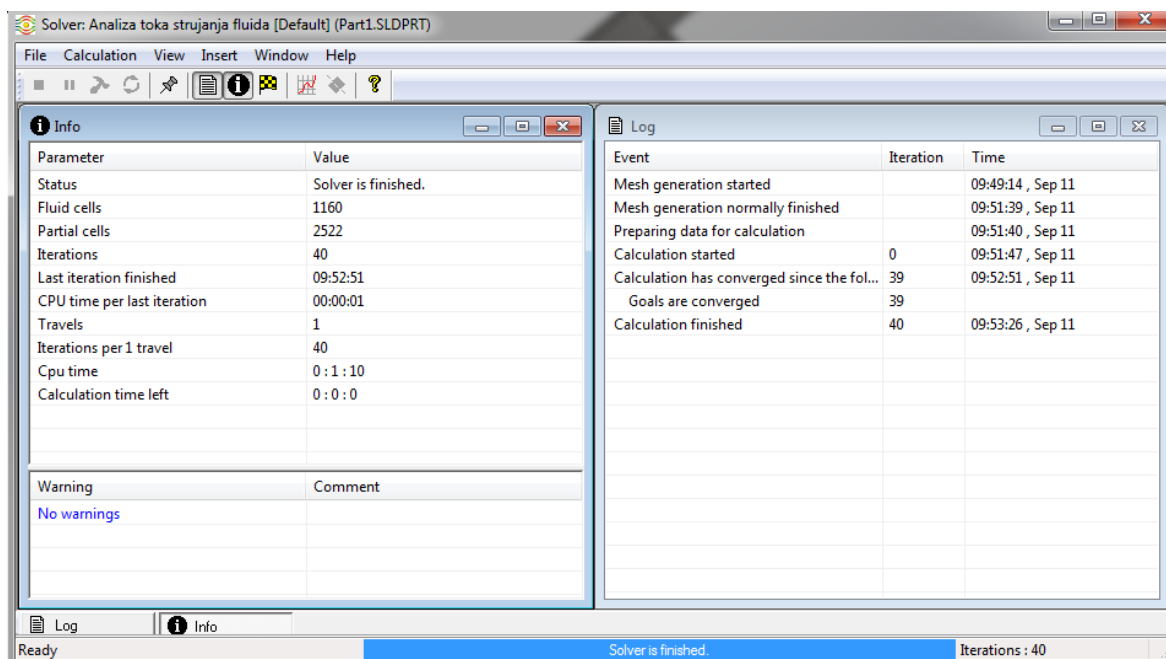


Slika 7.4 Definiranje izlaznih parametara

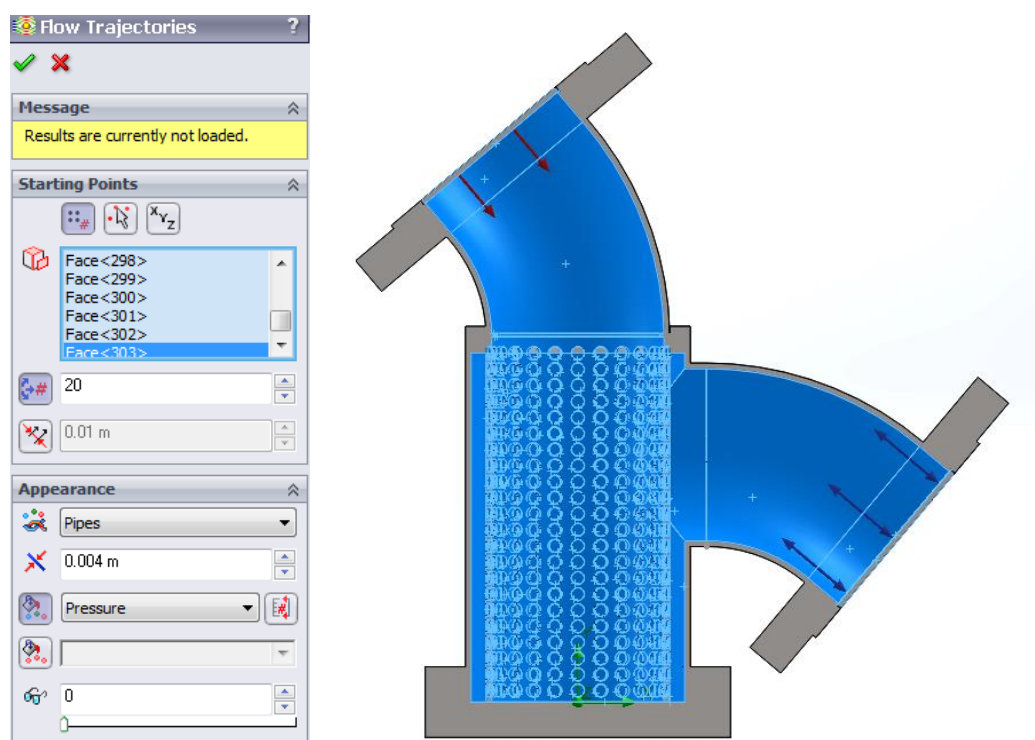


Slika 7.5 Pokretanje analize toka strujanja fluida

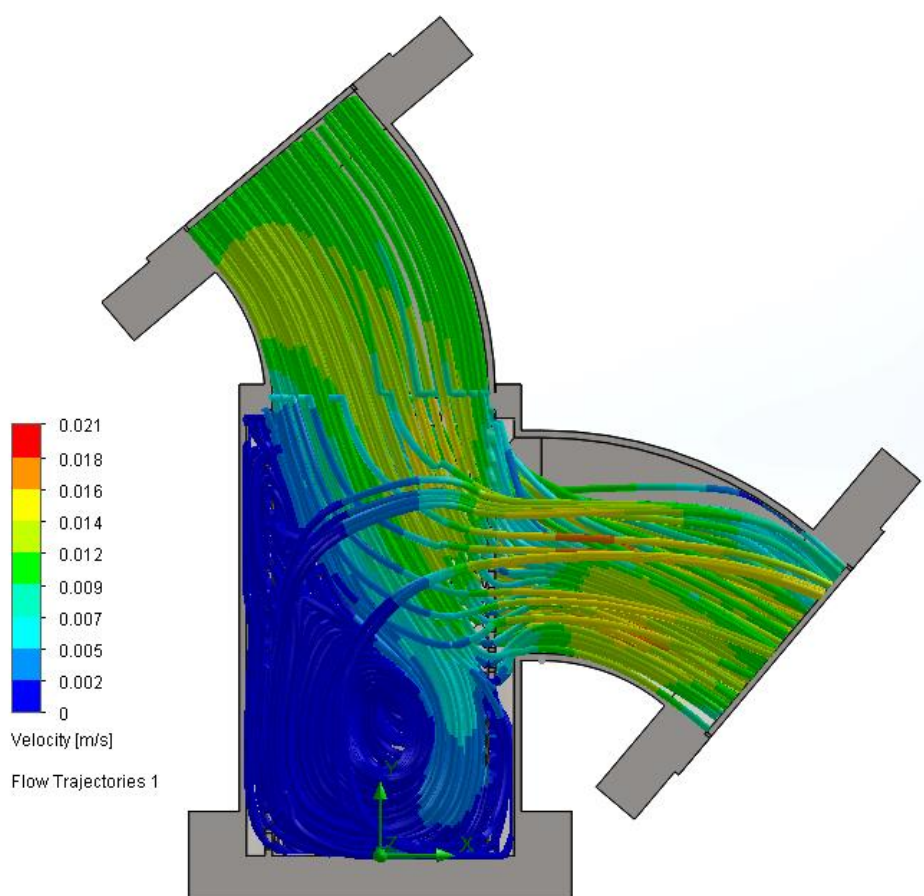
Analiza se pokreće značajkom (eng. *Run*) (slika 7.5.). Program *SolidWorks* obavještava korisnika kada je analiza gotova. Sljedeći korak je učitavanje rezultata. Odabirom na grafičke prikaze (eng. *Flow Trajectories*) potrebno je definirati površine pročistača i odabrati vrstu grafičkih prikaza u obliku linija, cjevčica, strelica ili kuglica (slika 7.7).



Slika 7.6 Prikaz obavijesti o završetku analize strujanja fluida

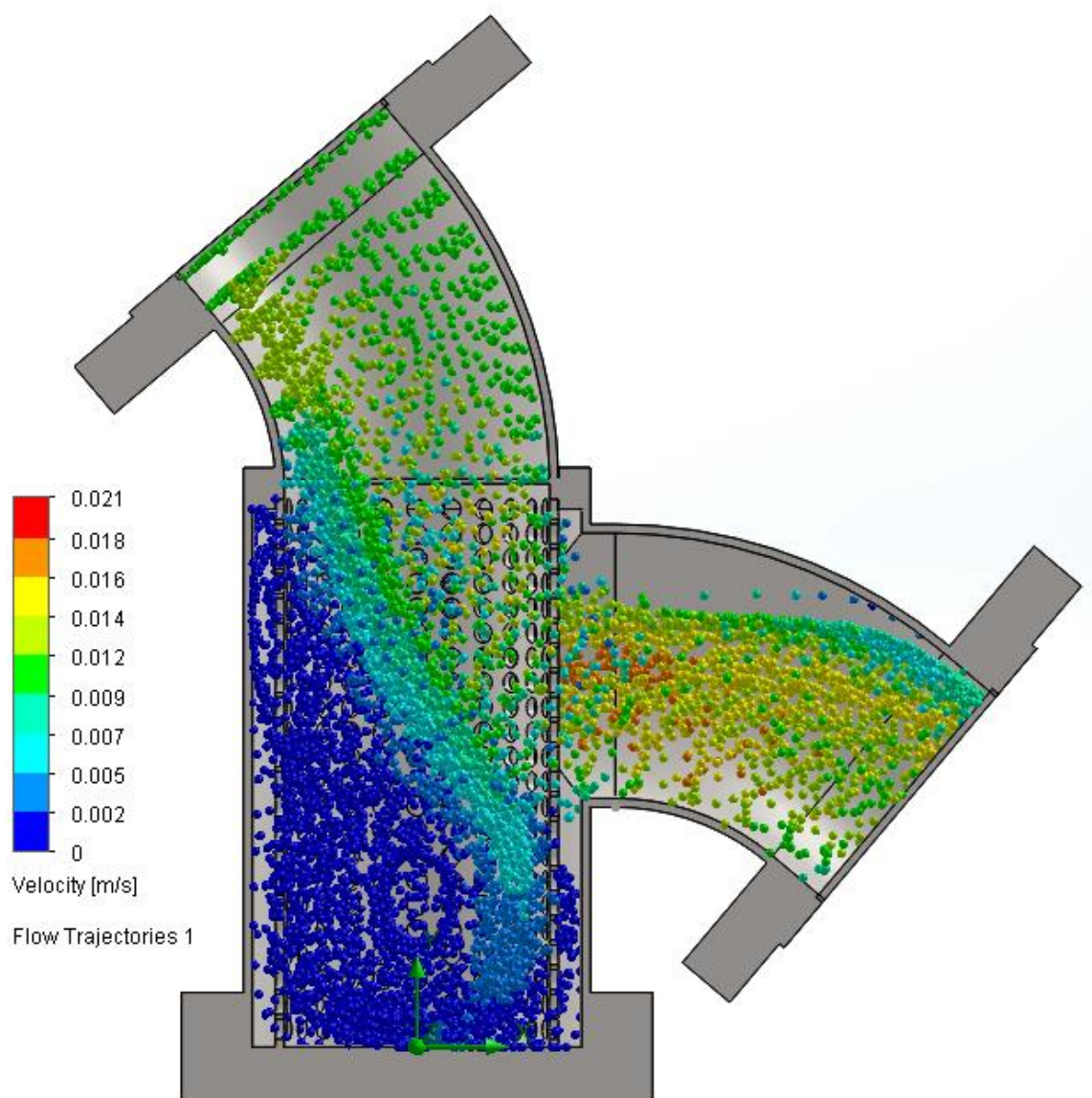


Slika 7.7 Odabir površina za analizu strujanja fluida

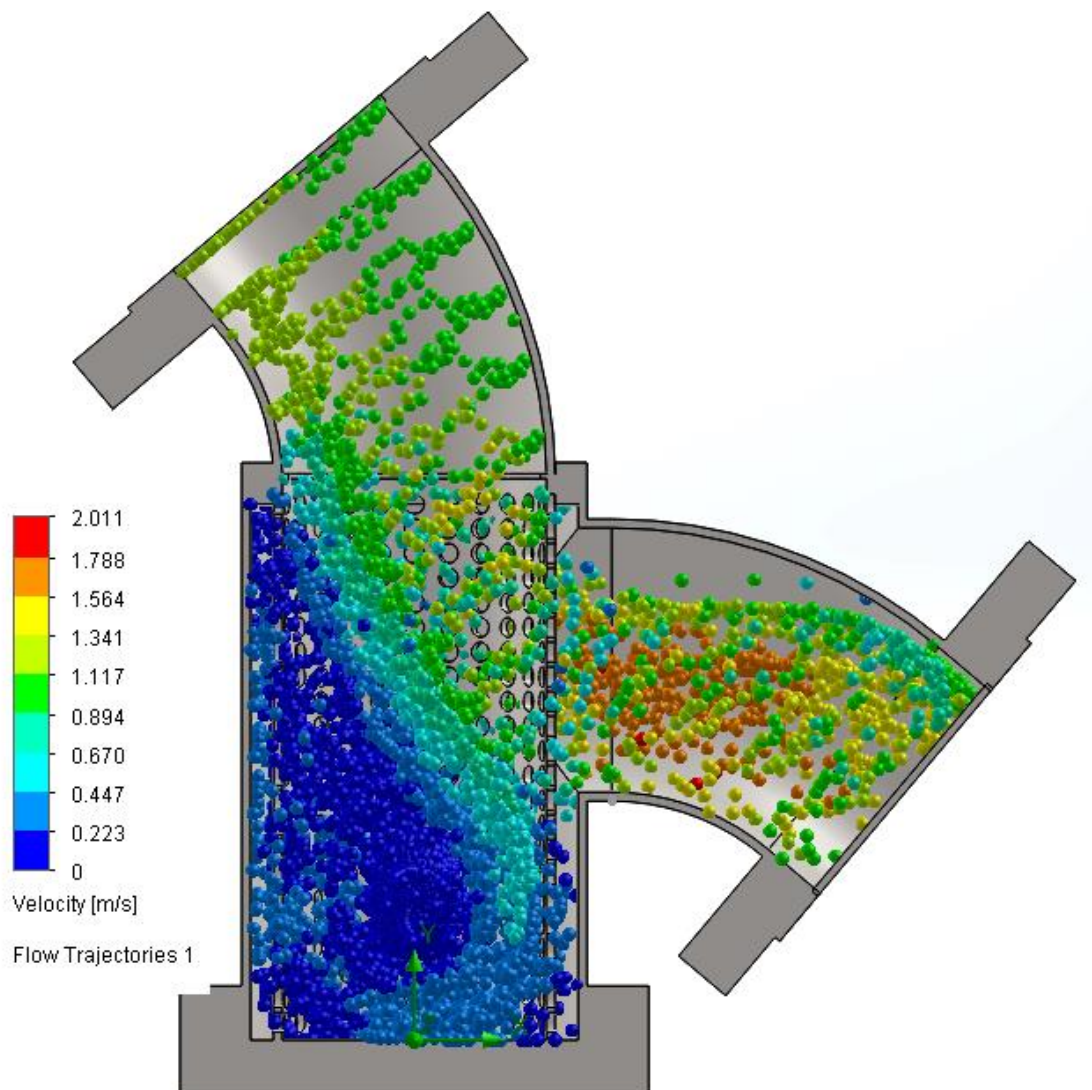


Slika 7.8 Grafički prikaz (linijski) strujanja fluida kroz pročištač PY-100.10 za protok $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$

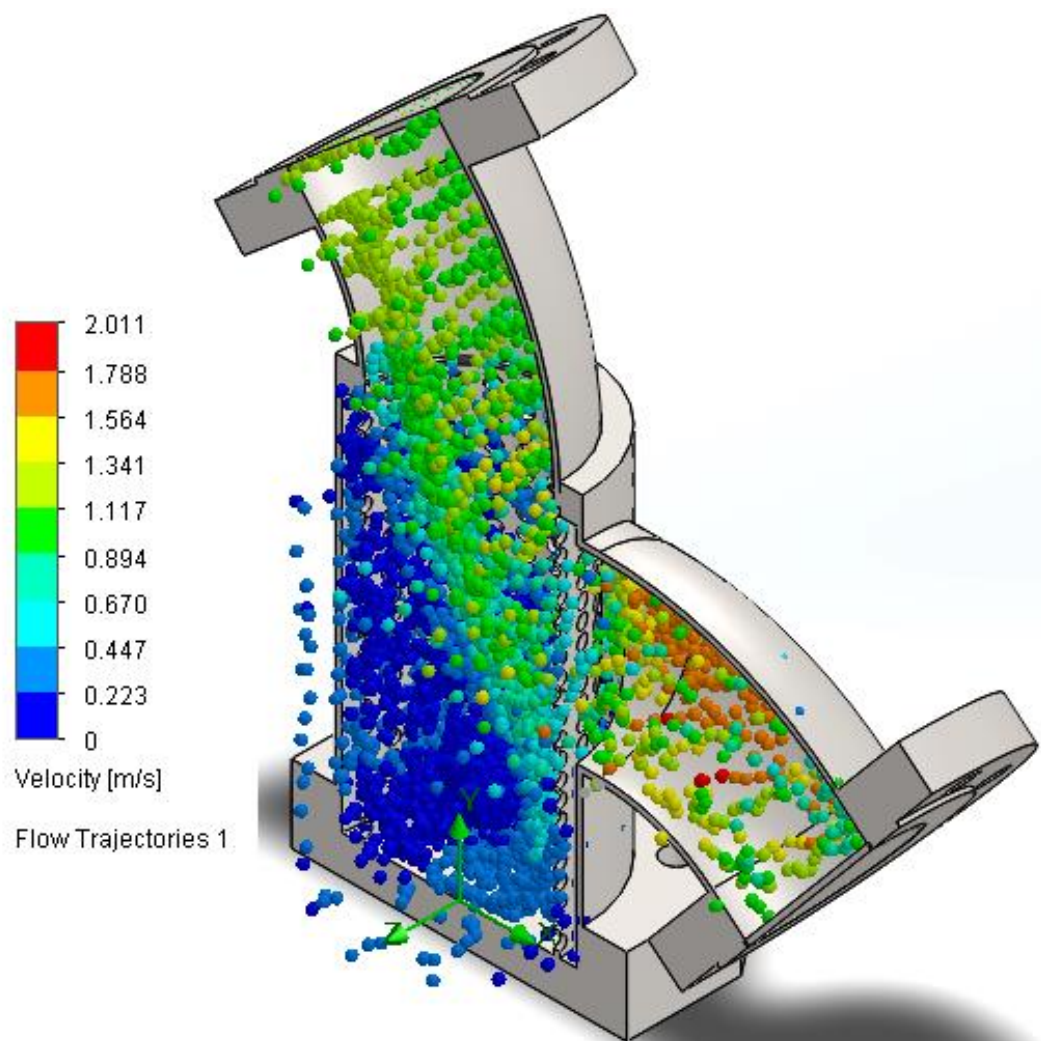
Za pročištač PY- 100.10 izrađene su dvije analize toka strujanja fluida. Prva analiza je za volumni protok $Q = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$. Grafički prikaz prikazan je slikom 7.8. i slikom 7.9. Analiza pokazuje isti rezultat, ali je u jednom slučaju odabran linijski prikaz, a u drugom „efekt mineralne vode“. Maksimalna brzina strujanja fluida kroz krilnu pumpu iznosi $Q = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$. U drugoj analizi zadan je volumni protok $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ dok je maksimalna brzina strujanja fluida 1,3 m/s (slika 7.10. i slika 7.11.).



Slika 7.9 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročištač PY-100.10 za protok $Q = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$



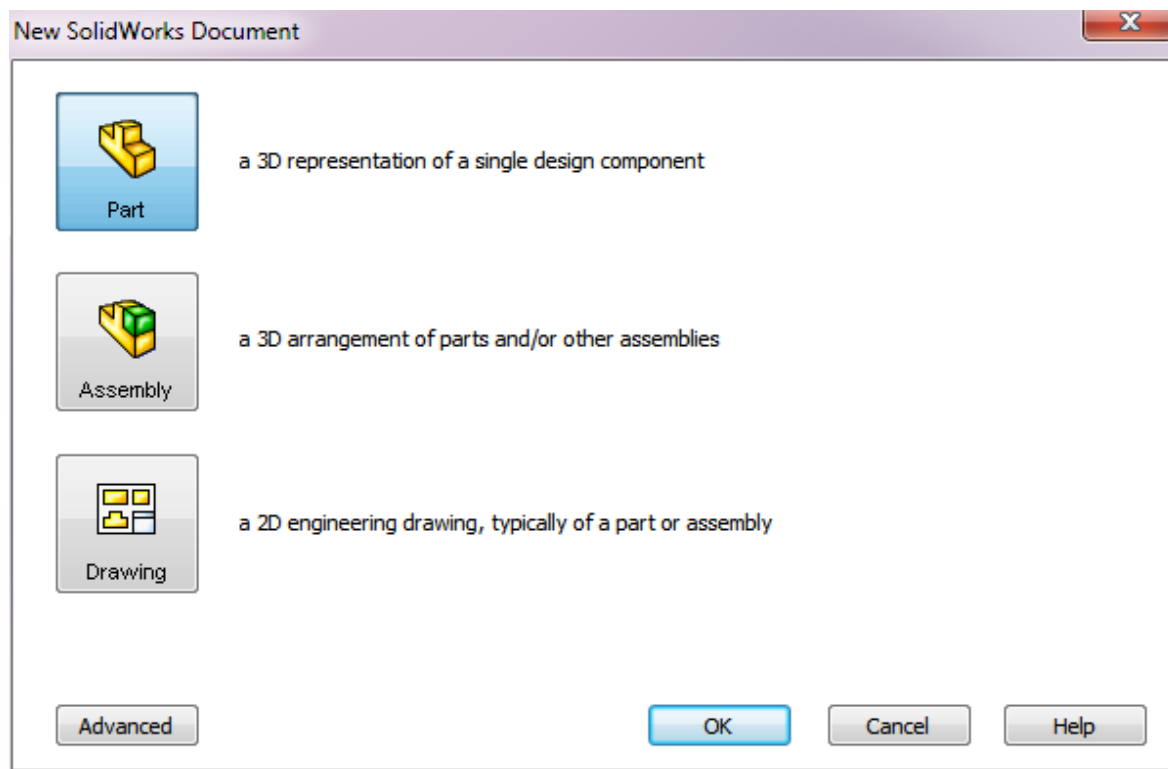
Slika 7.10 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročistač PY-100.10 za protok $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$



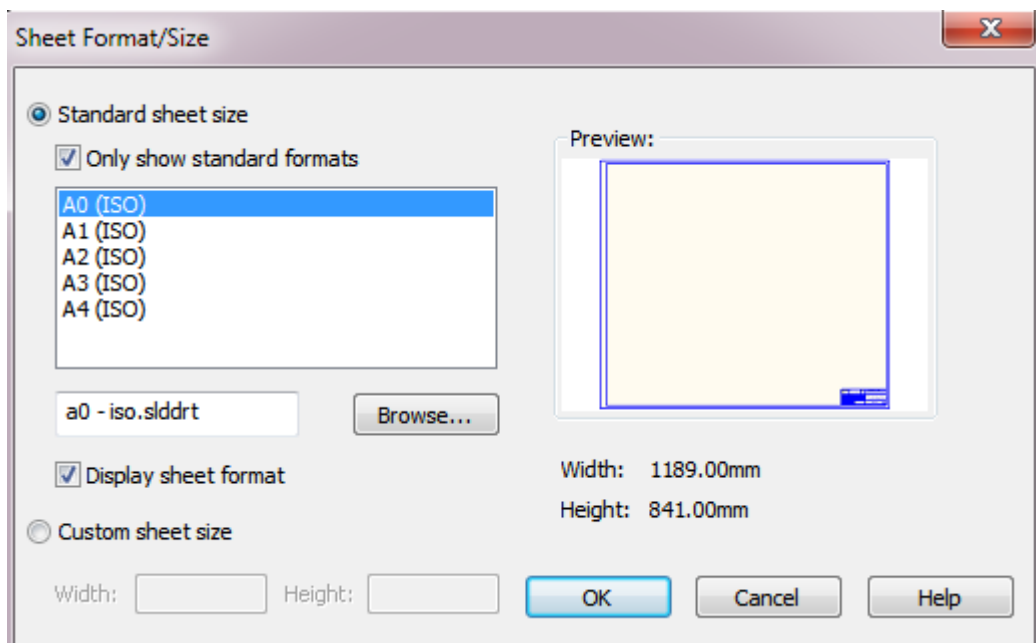
Slika 7.11 Grafički prikaz strujanja fluida „efektom mineralne vode“ kroz pročistač PY-100.10 za protok $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ (izometrija)

8. IZRADA 2D RADIONIČKE DOKUMENTACIJE

Radionička 2D dokumentacija zahtjeva izradu kompletne dokumentacije (nacrti, sastavnice, liste materijala, tehnološke liste, razvijene mjere, tolerancije i sl.). Izrada 2D dokumentacije u programskom alatu *Solidworks* je vrlo jednostavna. Odabirom alata za generiranje dokumentacije (eng. *Drawing*) (slika 8.1.) otvara se prozor gdje korisnik odabire veličinu sastavnice (eng. *Sheet Format/Size*).



Slika 8.1 Prikaz „prozora“ u programskom alatu *SolidWorks* za odabir alata (eng. *Drawing*) izrade 2D radioničke dokumentacije



Slika 8.2 Odabir veličine sastavnice (eng. *Sheet Format/Size*)

Nakon odabira veličine sastavnice, potrebno je odabrati dio (eng. *Part*) ili sklop (eng. *Assembly*) koji korisnik želi prikazati na nacrtu. Učitavanjem 3D modela pozicija pročištača PY-100.10 moguće je „generirati“ sve njegove pozicije. U ovom slučaju odabran je sklop. Dodani su „balončići“ sa brojem pripadajućih pozicija sklopa. Ovisno o potrebi, moguće je sklop prikazati u rastavljenom stanju i sa pripadajućim mjerama. Zaglavlje se nalazi u donjem dijelu nacрта. U zaglavlje se unose sve važne informacije o proizvodu: ime konstruktora, naziv proizvoda, datum izrade, materijal, masa, broj listova, itd.

| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzije | Primjedba: |
|-------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | DIO: | | | MATERIJAL: | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova: 1 |
| | | | | | | List broj: 1 |
| | Datum: | Ime i prezime: | Potpis: | NAZIV: | | Veleučilište u Bjelovaru |
| Konstruirao: | | | | CIJEVNI PROČISTAČ PY-100.10 | | |
| Izradio: | 2 . 9 . 2018. | Ana Čukman | | | | |
| Crtao: | 2 . 9 . 2018. | Ana Čukman | | | | |
| Pregledao: | | | | | | 5110.00 ,610 |
| Mjerilo: 1:2 | Kom. za objekt: | Materijal: | Šifra mjere: | H.š.kg: 24 | S.š.kg: | Naknada za: Zamjenjeno sa: |

Slika 8.3 Ispunjavanje sastavnice za PY-100.10 pročištač

3D PRINTED PART

3D PRINTED PART

87

9. ZAKLJUČAK

Reverzibilnim inženjeringom iz postojeće 2D dokumentacije u programskom alatu *SolidWorks* izrađen je 3D model pročištača PY-100.10. 3D modeliranje ovog pročištača nije zahtijevalo korištenje posebno složene tehnike značajki jer je postojeća konstrukcija pročištača bila vrlo jasna i „jednostavna“. Korištenjem „tehnike“ konfiguracija tablica (eng. *Desing Table*) dobivene su ostale konfiguracije familije pročištača PY-80.10 i PY-65.10. Ovakav način 3D modeliranja omogućuje vrlo brzo stvaranje novih proizvoda i njihovih konfiguracija, odnosno „familija“ proizvoda. Definiranjem parametara u modulu „Desing Table“ moguće je dobiti neograničen broj sličnih ili istih 3D modela različitih veličina. Ovakva vrsta 3D modeliranja namijenjena je za modeliranje „pravilnih“ modela zbog toga što je potrebno povezati sve dimenzije, između njih mora postojati ovisnost, odnosno pravilan uzorak. U slučaju pročištača PY ovakvo 3D modeliranje je vrlo korisno.

Analitičkim proračunom minimalnih debljina stijenki cijevi pročištača usvojene su dopuštene debljine stijenki s obzirom na naprezanja materijala na temp. 200°C. U proračunu su analizirana dva radna tlaka od 1 MPa i 1,6 MPa, te radni tlak 2,4 MPa na kućištu pročištača PY-100.10 i PY-80.10.

Analiza naprezanja (eng. *FEA- Finite Element Analysis*) izrađena je za zadane radne tlakove i ispitni tlak u programskom alatu *SolidWorks*. Analitički kontrolni proračun se „podudara“ sa FEA-analizama naprezanja u programskom alatu *SolidWorks*. Radni tlakovi od 1 MPa i 1,6 MPa ne prikazuju velike vizualne i numeričke promjene na stijenkama kućišta, dok ispitni tlakovi prikazuju značajnije promjene. Prema analitičkim kontrolnim proračunima usvojene su veće debljine stijenki što je opravdano FEA- analizom naprezanja (eng. *FEA - Finite Element Analysis-u*).

Analiza toka strujanja fluida u sklopu cijevnog pročištača PY-100.10 prikazana je za dvije vrijednosti protoka gdje su rezultati prikazani pomoću trajektorija, efekta „mineralne vode“ i strijelica. Analiza pokazuje povećanje brzine čestica na izlazu iz kućišta pročištača PY-100.10.

U radu se nalazi i kompletna 2D radionička dokumentacija svih pozicija i sklopa.

10. LITERATURA

- [1] MPD pumpe. Filteri-prečistači [Online]
<http://www.mpd-pumpe.hr/proizvodi/filteri-precistaci/> (14.9.2018.)

- [2] Pročistači-specifikacije, montaža i održavanje, Fluid Control Institute, Inc.
<https://www.sureflowequipment.com/wp-content/uploads/2017/05/Engineering-Specification-Selection-Installation-Maintenance-Pipeline-Strainers-Sure-Flow.pdf>
(14.9.2018.)

- [3] Standardni pročistači –ETAON (14.9 2018)
http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@filtration/documents/content/pct_304414.pdf (14.9.2018.)

- [4] PY pročistač- www.ttslave.com/process.html (14.9.2018.)

- [5] Mrežice filtera-<https://www.monotaro.sg/g/01293520/> (14.9.2018.)

- [6] FSB –Proračun čvrstoće posude pod tlakom
<https://www.fsb.unizg.hr/termolab/nastava/GAHRN%20M%20E2%20250%20i%20253.pdf> (14.9.2018.)

- [7] Kraut B. Praktičar 3 –Strojarstvo 2. Zagreb. Školska knjiga, 1973.

- [8] Karl- Heinz Decker, Elementi strojeva, 2. Popravljen izdanje, Zagreb, Tehnička knjiga, 1975

11. OZNAKE I KRATICE

D_s = vanjski promjer kućišta [mm]

p = radni tlak [bar]

K = proračunska čvrstoća [N/mm^2]

S = stupanj sigurnosti za materijal pri proračunskoj temperaturi

ν = koeficijent valjanosti zavarenog spoja

c_1 = dodatak za dopušteno odstupanje materijala [mm]

c_2 = dodatak za koroziju i trošenje iznosi maksimalno 1 mm i najčešće je sadržan u
zaokruženju proračunate debljine stijenke cijevi [mm]

p_{radni} = radni tlak [MPa]

p_{ispitni} = ispitni tlak [MPa]

σ_{dop} = naprezanje [N/mm^2]

12. SAŽETAK

Naslov:

Reverzibilnim inženjeringom iz postojećih nacрта dobiven je pročištač PY-100.10 u programu *SolidWorks*. Izrađeni su proračuni debljine stijenki cilindričnog dijela kućišta tipa PY-80.10 i PY-100.10 za radne tlakove 1,0 MPa i 1,6 Mpa, ispitni tlak 2,4 MPa i materijal Č1214 na temelju postojeće dokumentacije. Pomoću tablica generirane su familije proizvoda pročištača PY- 80.10 i PY- 100.10. Izrađene su analize naprezanja kućišta PY-80.10 i PY-100.10 za navedene radne tlakove, te analiza tijeka strujanja fluida u pročištaču PY-100.10. Generiranjem iz 3D modela dobivena je kompletna radionička dokumentacija svih pozicija i sklopa za tip PY-100.10.

Ključne riječi: Pročištač PY- 100.10, SolidWorks, analitički proračun, generiranje familije proizvoda, PY- 80.10, PY-65.10, analiza naprezanja, analiza toka strujanja fluida, radionička dokumentacija

13. ABSTRACT

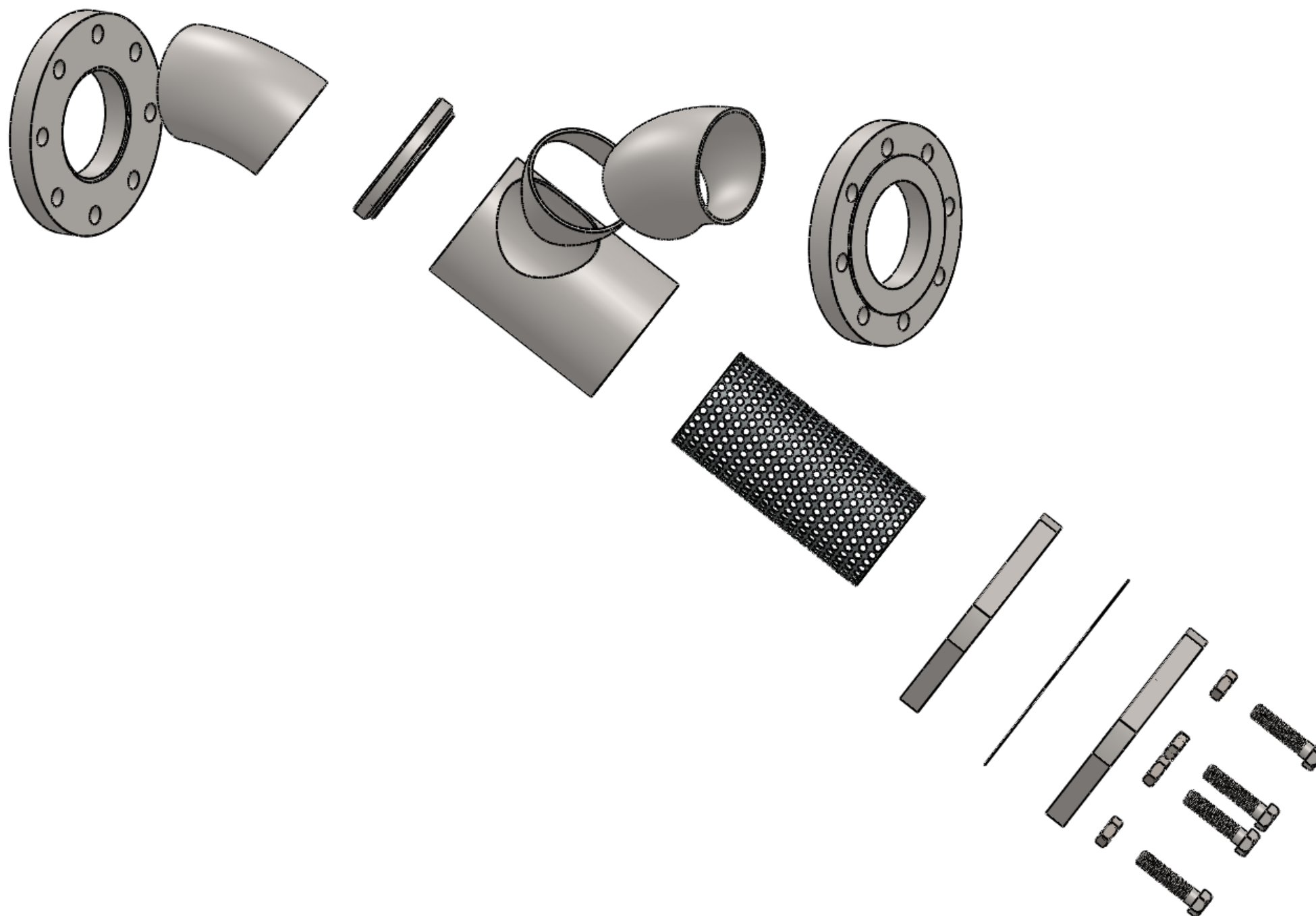
Title:

In program Solidworks there was made 3D model of strainer PY-100.10. Wall thickness calculations analytically were made for strainer PY-80.10 and strainer PY-100.10 for work pressures of 1,0 MPa and 1,6 MPa and test pressure of 2,4 MPa. With help of table design there were build two new configurations of parts and assemblies of strainers PY-80.10 i PY-65.10. FEA –Finite Element Analysis test was performed a control of the thickness of the wall. The Solidworks software shows Flow Simulation through the 3D model of strainer PY-100.10. Complete 2D work documentation is available in the SolidWorks software tool.

Keywords: Strainer PY-100.10, SolidWorks, Analytical calculations, design table, New configurations, PY-80.10, PY-65.10, FEA- Finite Element Analysis, Flow Simulation, 2D Work Documentations


14. PRILOZI

Generirana 2D radionička dokumentacija

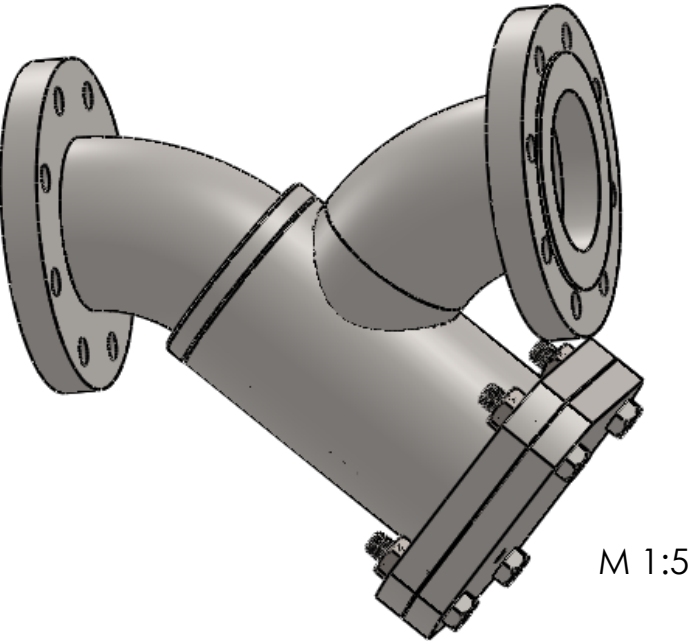
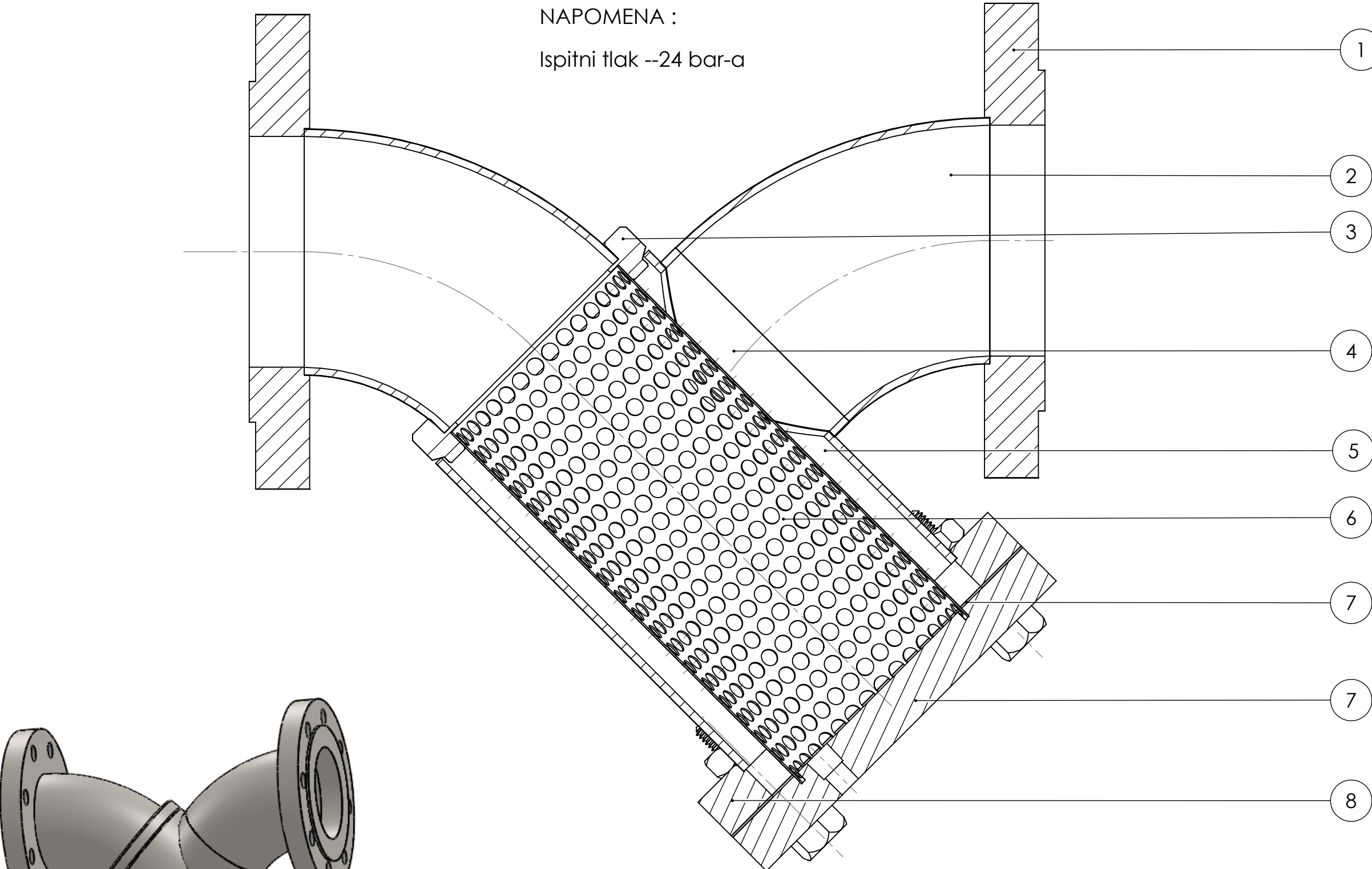


NAPOMENA: SKLOP U RASTAVLJENOM STANJU


| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom: | Oznaka | Dimenzije | | Primjedba: |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------|--|-----------|-------------------------------|--------------|
| | DIO: | | | MATERIJAL: | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | | Listova: 1 |
| | | | | | | | List broj: 1 |
| | Datum: | Ime i prezime: | Potpis: | Naziv: CIJEVNI PROČISTAČ PY-100.10 | | Veleučilište u Bjelovaru | |
| Konstruirao: | | | | | | | |
| Razradio: | 3 . 9. 2018. | Ana Čukman | | | | 511.000.610 | |
| Crtao: | 3 . 9. 2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao: | | | | | | | |
| Mjerilo: 1:2 | Kom. za objekt: | Materijal: | Sirove mjere: | N.čž.kg: 24 | B.čž.kg: | Naknada za: Zamjenjeno sa: | |

| | | | | | | | |
|-------------------|----------------|---------------|--------------|-------------------------|-------------|---|-----------------------------|
| 1 | PRIRUBNICA | 511.112.610 | 2 | P235G1TH | | | |
| 2 | DNO | 511.113.610 | 1 | P235G1TH | | | |
| 3 | CIJEVNI LUK | 511.112.610 | 2 | P235G1TH | | | |
| 4 | NASTAVAK | 511.112.610 | 1 | P235G1TH | | | |
| 5 | CIJEV | 511.008.610 | 1 | P235G1TH | 139x4,5x205 | | |
| 6 | FIL. ELEMENT | 511.112.610 | 1 | X10CrNi 18-10 | 340x204x1 | | |
| 7 | BRTVA | 511.200.6100 | 1 | TESNIT | | | |
| 8 | PRIRUB | 511.112.610 | 1 | P235G1TH | | | |
| 9 | POKLOPAC | 511.112.610 | 1 | P235G1TH | | | |
| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| Konstru. | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: | |  | VELEUČILIŠTE U BJELOVARU |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | PROČISTAČ PY- 100.10 | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | | |
| Pregledao | | | | | | | |
| Mjerilo | Kom. za objekt | Materijal | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | 511.008.510 | |
| | 1 | | | | | Naknada za Zamijenjeno sa | |

NAPOMENA :
Ispitni tlak --24 bar-a

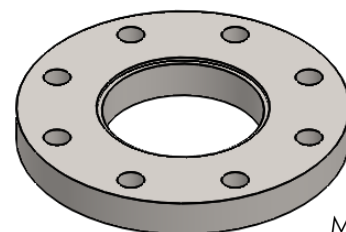


M 1:5


| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom: | Oznaka | Dimenzije | Primjedba: |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------|--|-----------|---|
| | DIO: | | | MATERIJAL: | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova: 1 |
| | | | | | | List broj: 1 |
| | Datum: | Ime i prezime: | Potpis: | Naziv: CIJEVNI PROČISTAČ PY-100.10 | |  Veleučilište u Bjelovaru |
| Konstruirao: | | | | | | |
| Razradio: | 3 . 9 . 2018. | Ana Čukman | | | | |
| Crtao: | 3 . 9 . 2018. | Ana Čukman | | | | |
| Pregledao: | | | | | | 511.000.610 |
| Mjerilo: 1:2 | Kom. za objekt: | Materijal: | Sirove mjere: | N.řž.kg: 24 | B.řž.kg: | Naknada za: Zamjenjeno sa: |

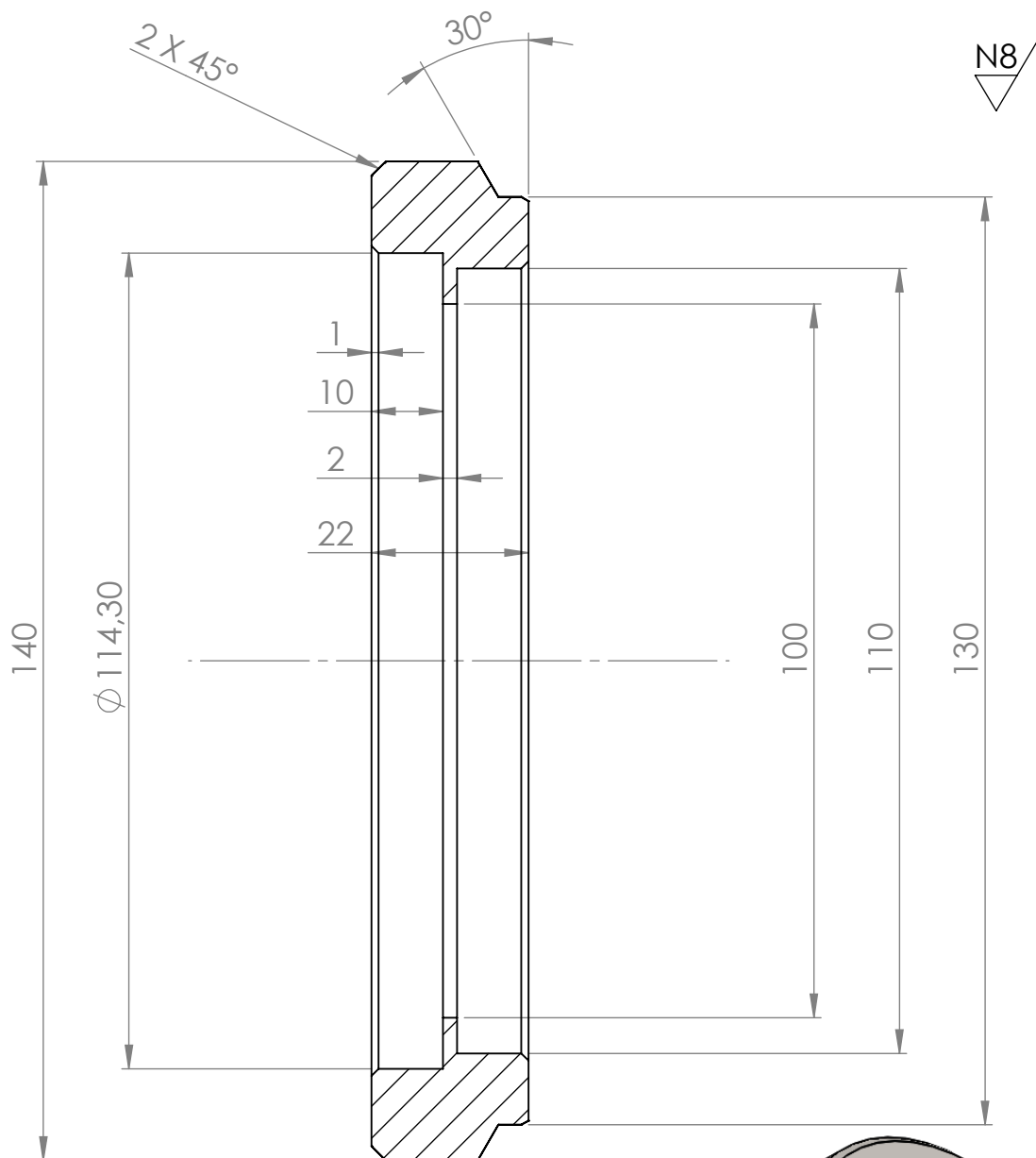
Technical drawing of a cross-section of a mechanical part, labeled "k A-A" and "1:2". The drawing shows a cylindrical component with a central hole. The outer diameter is 158 mm. The inner hole has a diameter of 107,10 mm. The wall thickness of the cylinder is 2,50 mm. The total width of the part is 114,30 mm. The part is shown in a cross-section view with hatching on the left and right sides. The central hole is shown in a cross-section view with hatching on the top and bottom sides. The drawing includes dimension lines and arrows indicating the measurements.

Technical drawing of a circular flange. The drawing shows a circular flange with a central hole. The outer diameter is labeled $\phi 220$. The inner diameter is labeled $\phi 18$. The thickness of the flange is labeled $R90$. The flange has eight bolt holes arranged in a circle. The distance between the center of the flange and the center of a bolt hole is labeled $22,50^\circ$. A section line A-A is shown on the left side of the flange.




M 1:5

| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------|-------------------------|-------------|---|------------------------------|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | PRIRUBNICA | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao | | | | | | 511.112.610 | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal P235G1TH | | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa |

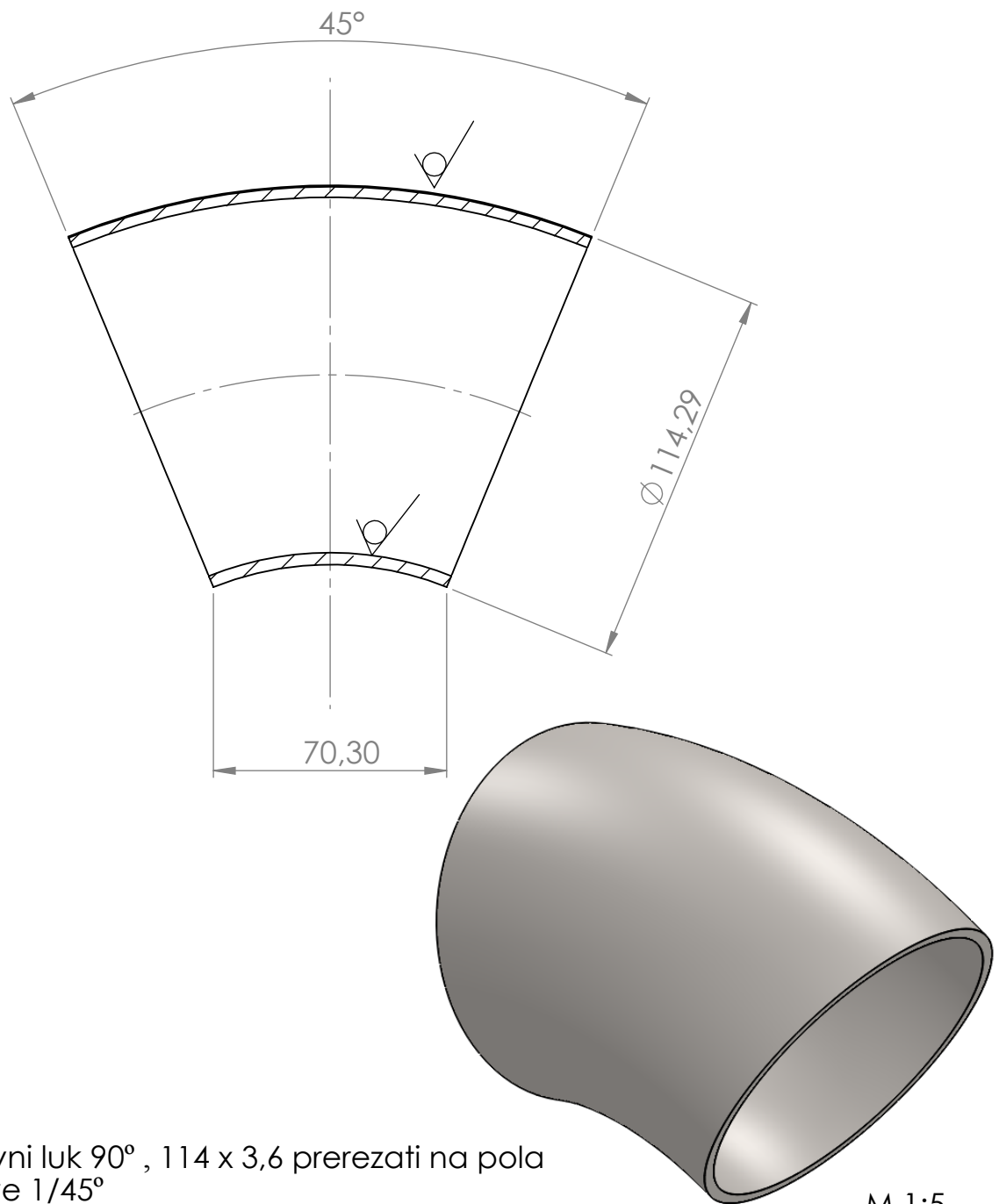


M 1:2

NAPOMENA: Skinuti ostre bridove! 0,5/45°


| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------|------------------------------|-------------|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: DNO | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU |
| Konstru. | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | |
| Pregledao | | | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.113.610 |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal P235G1TH | | Sirove mjere | N. tez. kg. | B. tez. kg. |
| | | | | Naknada za Zamijenjeno sa | | |

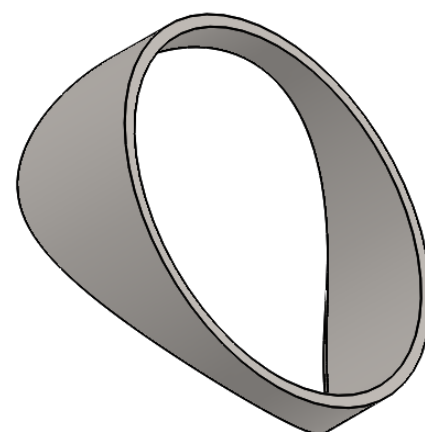
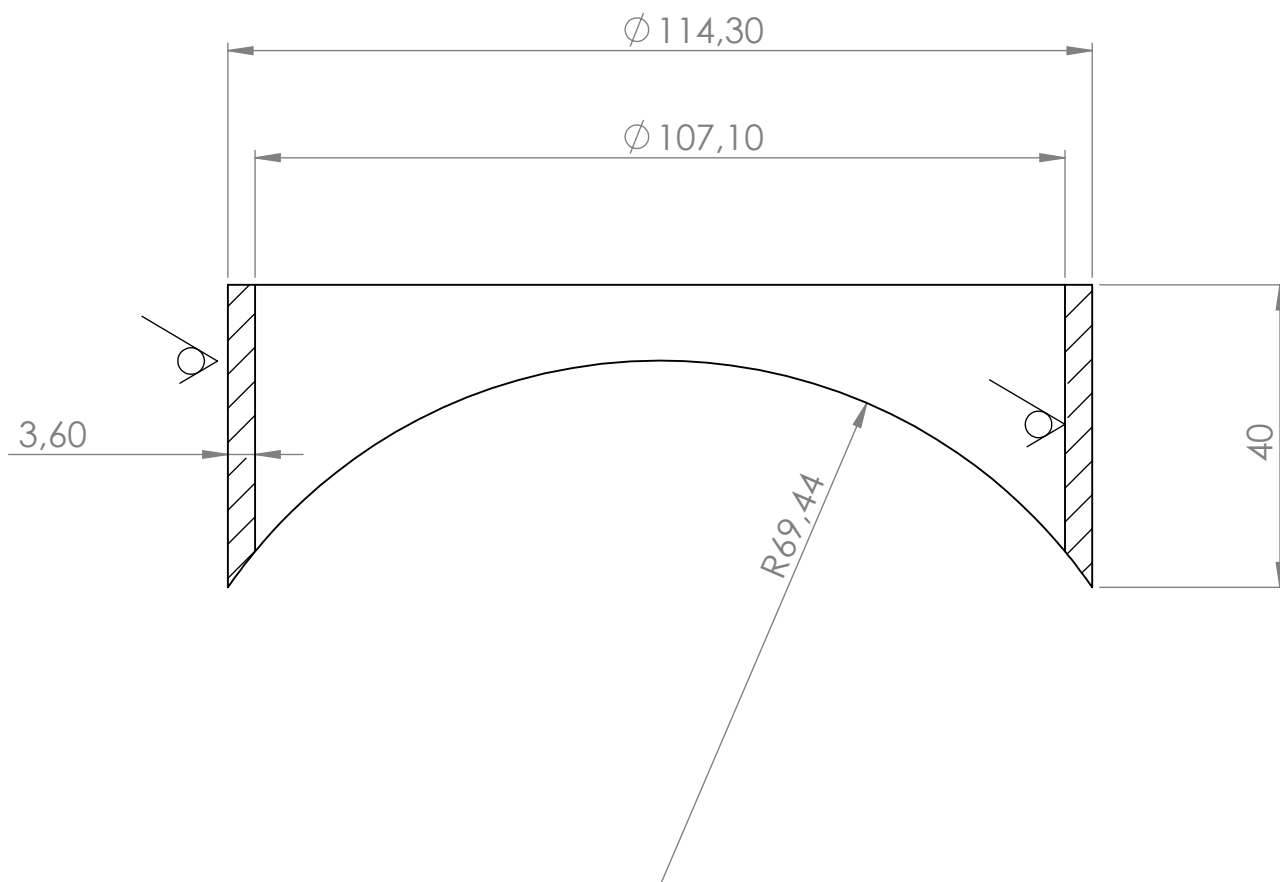
511.113.610



NAPOMENA: Cijevni luk 90°, 114 x 3,6 prerezati na pola
skinuti ostre bridove 1/45°


M 1:5

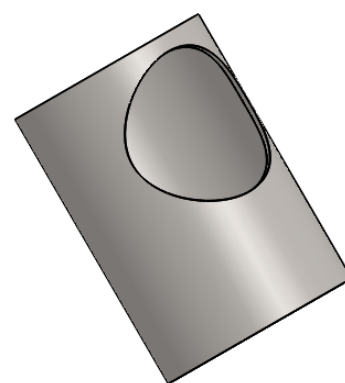
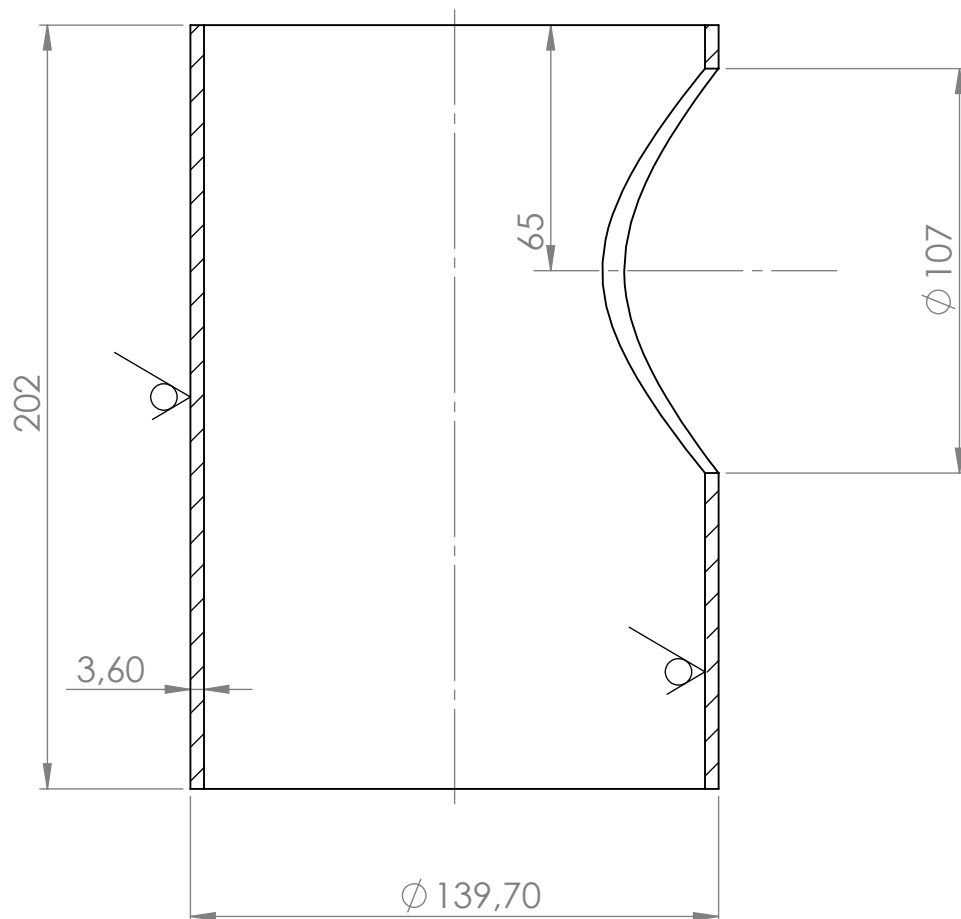
| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------|--------------------------------------|-------------|---|----------------|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | Listova | 1 | |
| | | | | | List broj | 1 | |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: CIJEVNI LUK 45° | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.122.610 | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao | | | | | | | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 2 | Materijal P235G1TH | | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za |
| | | | | | | | Zamijenjeno sa |



M 1:2


NAPOMENA: Skinuti ostre bridove

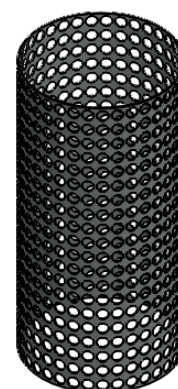
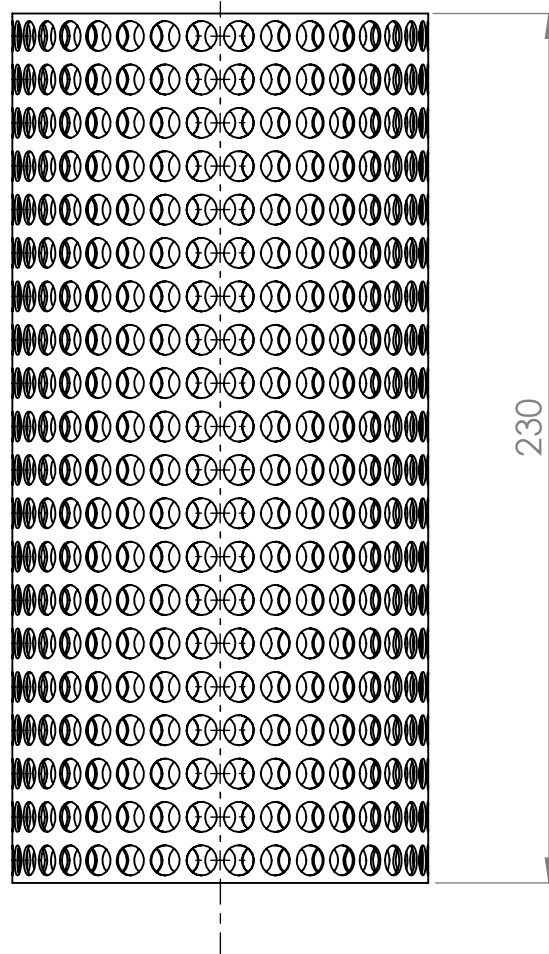
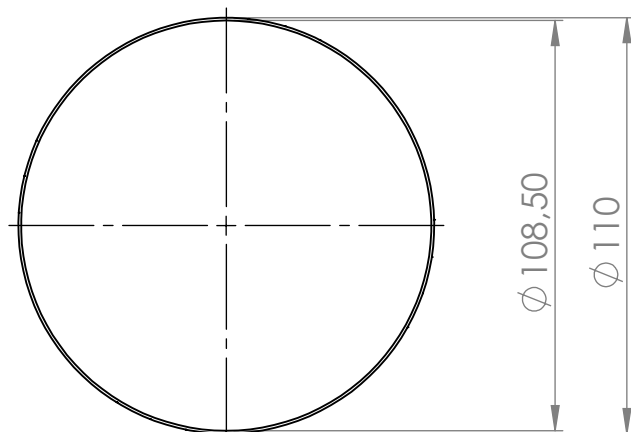
| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------|---|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: NASTAVAK | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.114.610 | |
| Pregledao | | | | | | | |
| Mjerilo 1:1 | Kom. za objekt 1 | Materijal P235G1TH | Sirove mjere CIJEV 114,3x3,6 | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa | |



M 1:5

NAPOMENA: Skinuti ostre bridove!

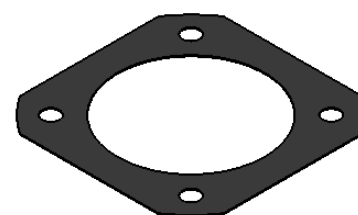
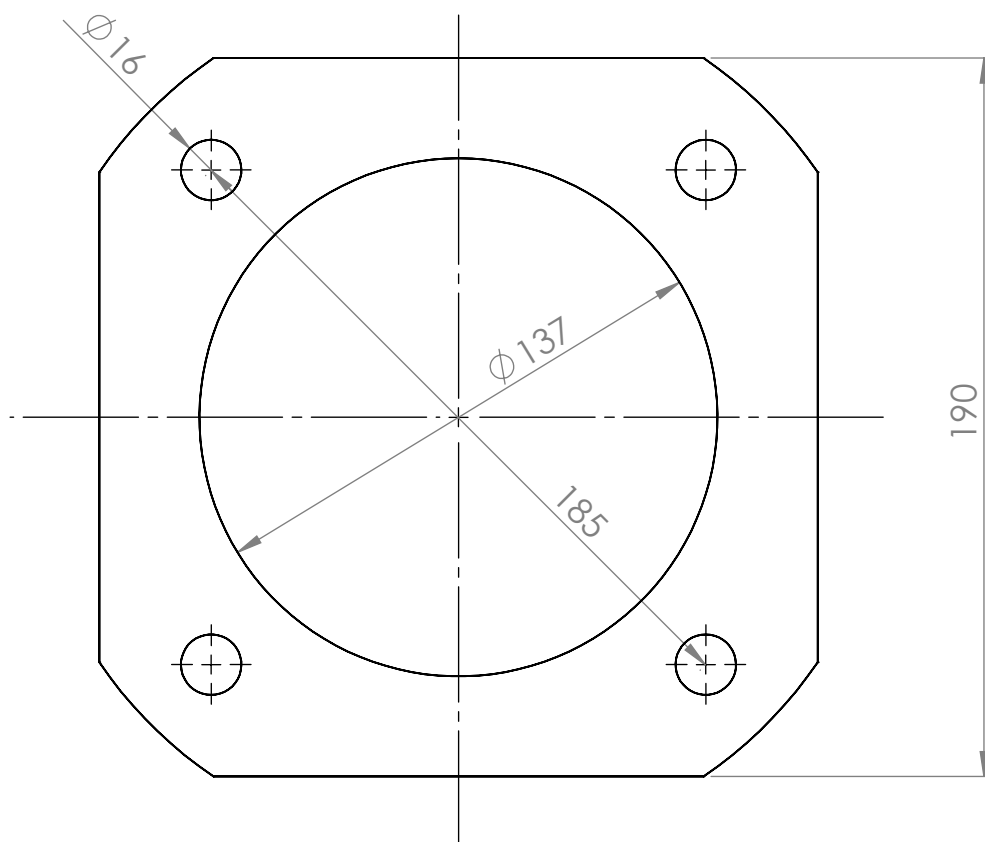
| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|---|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: CIJEV | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstr. | | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.008.510 | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao | | | | | | | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal P235G1TH | Sirove mjere cijev Ø139,7x4,5x205 | N. tez. kg. | B. tez. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa | |



M 1:5


NAPOMENA: Podloga perf. lim Ø8mm zavariti sučeono sa mrežicom

| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|-------------|---|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: FILTARSKI ELEMENT | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.300.610 | |
| Pregledao | | | | | | | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal X10CrNi 18-10 | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za | |
| | | | | | | Zamijenjeno sa | |

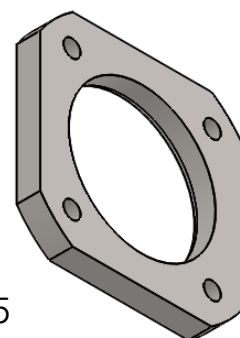
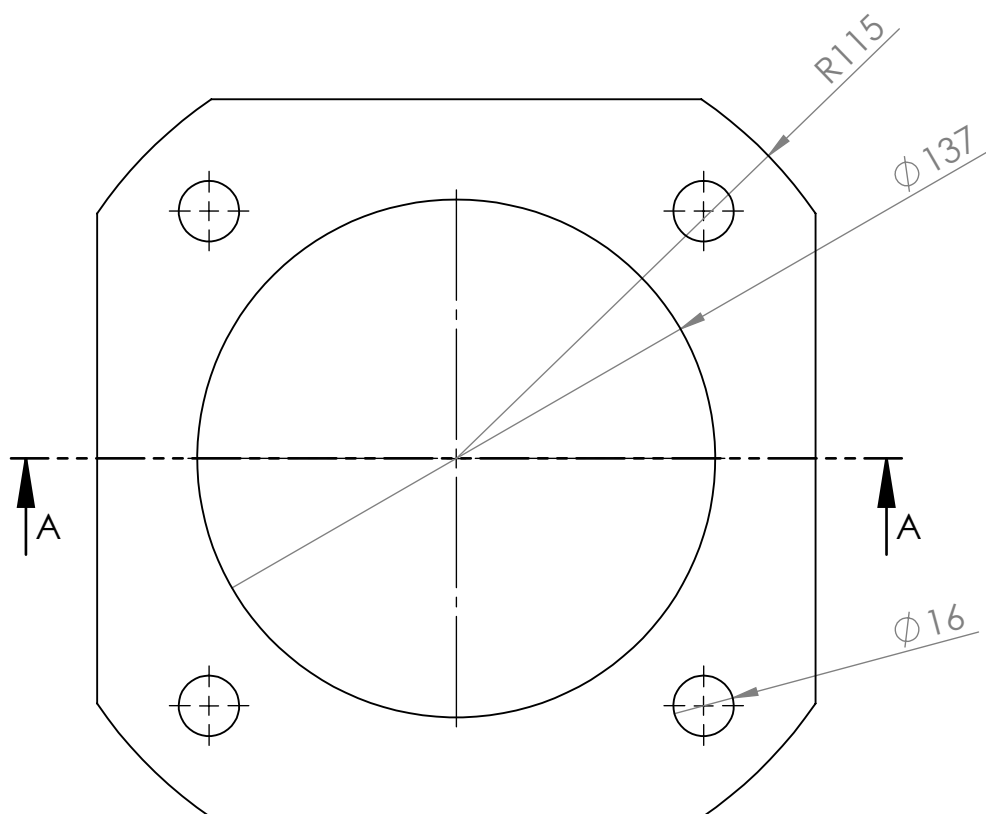
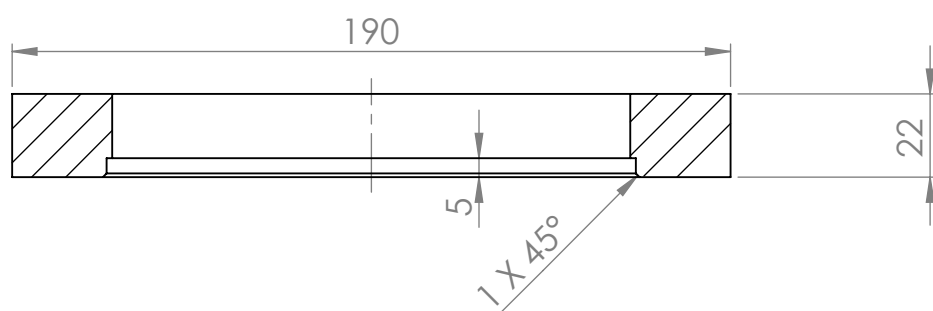


NAPOMENA: debljina brtve 1 mm

M 1:5


| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------|-------------------------|-------------|---|------------------------------|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | BRTVA | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao | | | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.008.510 | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal TESNIT | | Sirove mjere | N. tez. kg. | B. tez. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa |

PRESJEK A-A
M 1:2

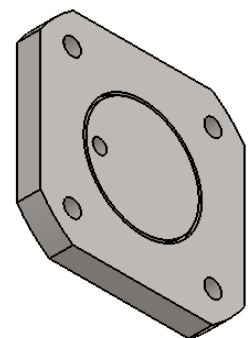
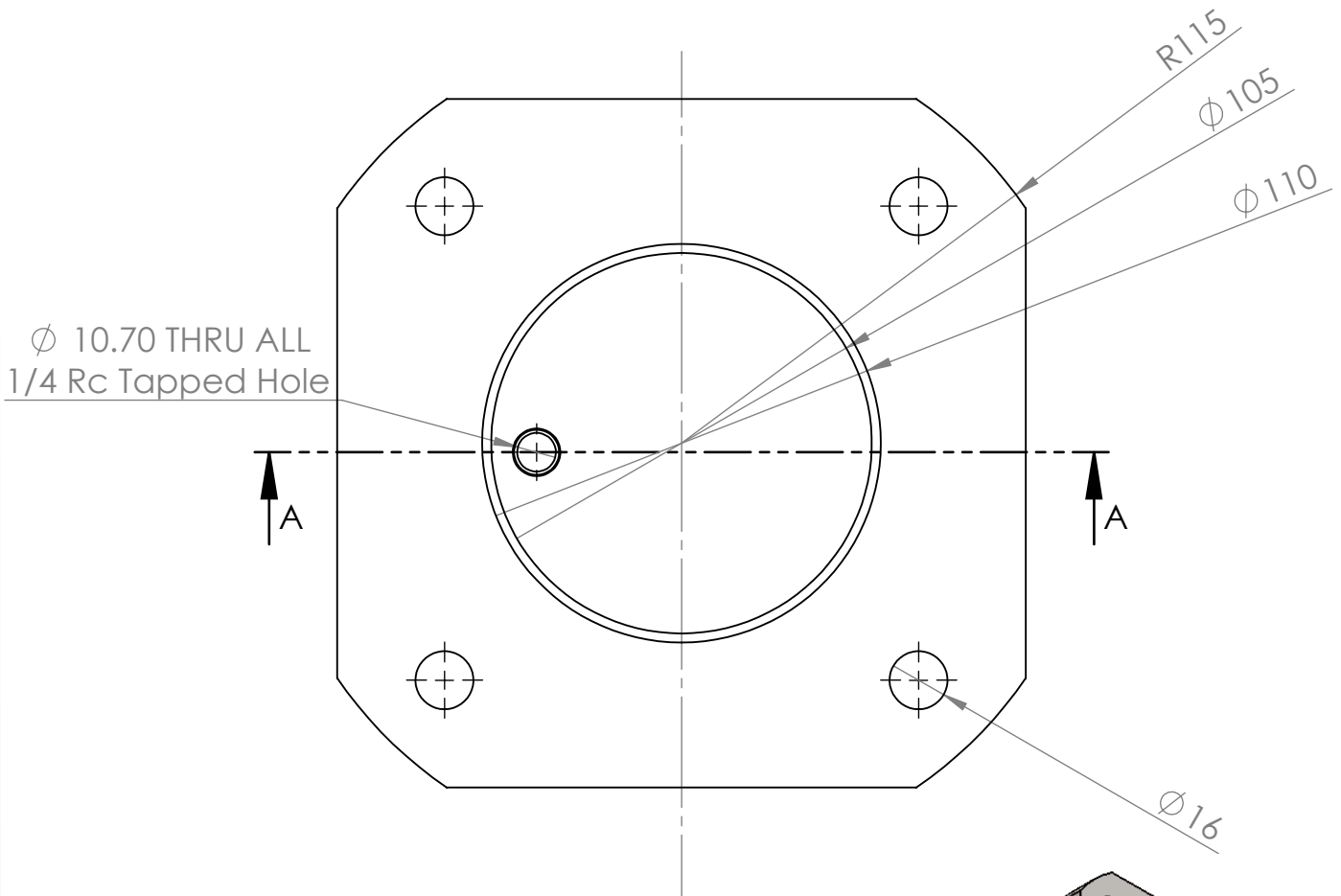
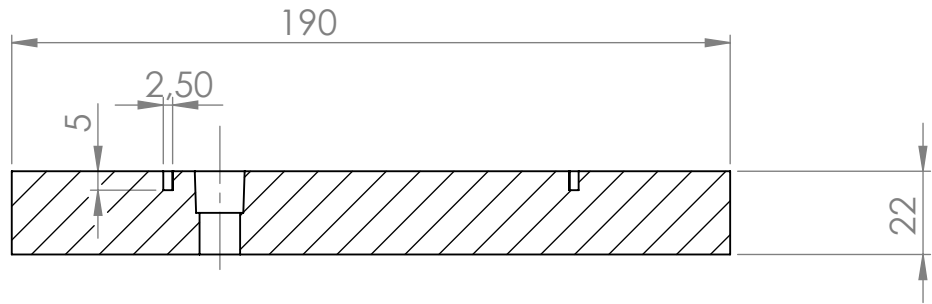


NAPOMENA: Skinuti ostre bridove!

M 1:5


| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------|-------------|---|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: PRIRUB | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU | |
| Konstru. | | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | | |
| Pregledao | | | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.200.610 | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal P235G1TH | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa | |

PRESJEK A-A
M 1:2



M 1:5

NAPOMENA: Skinuti ostre bridove!

| Poz. | Naziv | Oznaka | Kom. | Oznaka | Dimenzija | Primjedba |
|-------------------|---------------------|----------------------|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| | DIO | | | MATERIJAL | | |
| Posebni zahtjevi: | | | | | Listova | 1 |
| | | | | | List broj | 1 |
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | Naziv: POKLOPAC | |  VELEUČILIŠTE U BJELOVARU |
| Konstru. | | | | | | |
| Razradio | 3.9.2018. | Ana Čukman | | | | |
| Crtao | 3.9.2018. | Ana Čukman | | Za proizvod: PY- 100.10 | | 511.200.610 |
| Pregledao | | | | | | |
| Mjerilo 1:2 | Kom. za objekt 1 | Materijal Č .1214 | Sirove mjere | N. tež. kg. | B. tež. kg. | Naknada za Zamijenjeno sa |

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

| Mjesto i datum | Ime i prezime studenta/ice | Potpis studenta/ice |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|
| U Bjelovaru, <u>24.9.2018.</u> | ANA ČUKMAN | Ana Čukman |

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

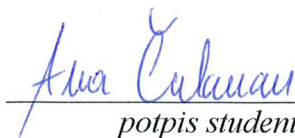
ANA ČUKMAN

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 24.9.2018.


potpis studenta/ice